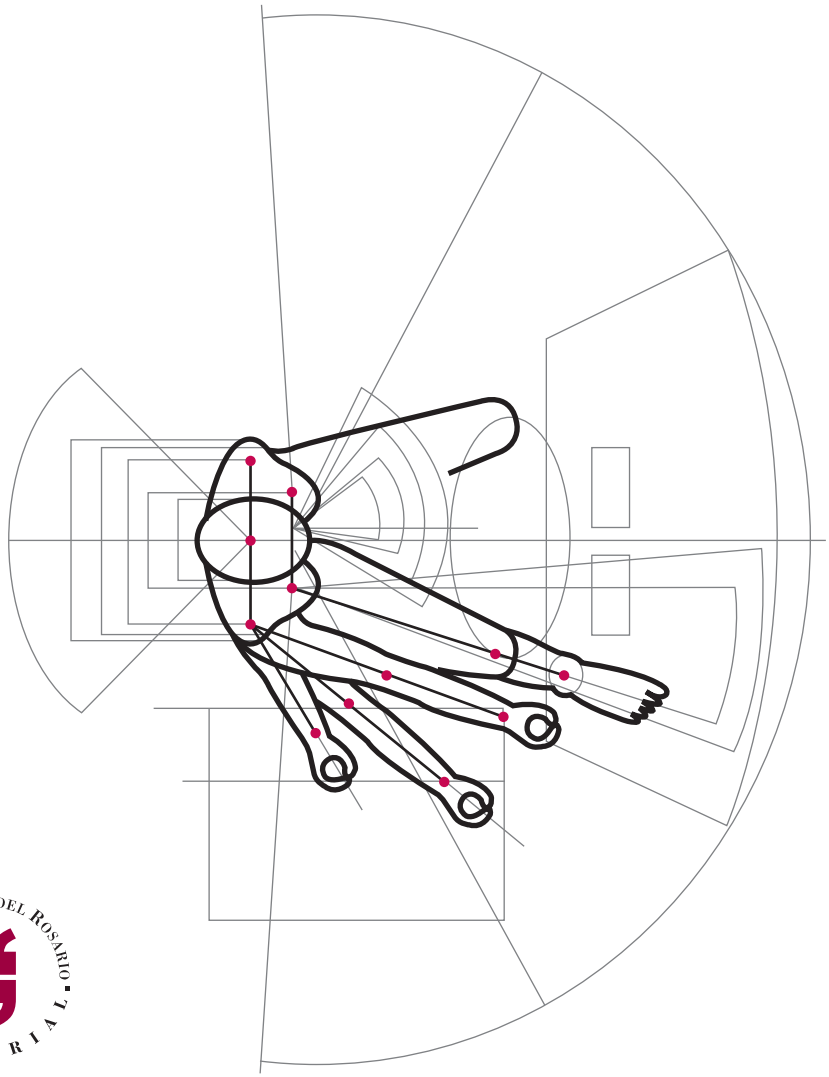
Juan Alberto Castillo Martínez

Ergonomía
Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas



Universidad del Rosario
Editorial

Colección Textos
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud


UR

Ergonomía
Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas

Ergonomía
Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas

Juan Alberto Castillo M.



COLECCIÓN TEXTOS ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

© 2010 Editorial Universidad del Rosario
© 2010 Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
© 2010 Juan Alberto Castillo M.

ISBN: 978-958-738-093-4

Primera edición: Bogotá D.C., febrero de 2010
Coordinación editorial: Editorial Universidad del Rosario
Corrección de estilo: Andrés Cote
Diseño de cubierta: Lucelly Anaconas
Diagramación: Margoth C. de Olivos
Impresión:
Editorial Universidad del Rosario
Cra. 7 N° 13-41, Oficina 501, Tel.: 2970200 ext. 7724
Correo electrónico: editorial@urosario.edu.co

Todos los derechos reservados. Esta obra no puede ser reproducida
sin el permiso previo por escrito de la
Editorial Universidad del Rosario

Castillo M., Juan Alberto
Ergonomía / Juan Alberto Castillo M.—Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2010.
216 p.—(Colección Textos Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud).

ISBN: 978-958-738-093-4

Ergonomía – investigaciones - Colombia / Productividad del trabajo / Ambiente de trabajo / Salud ocupacional / Diseño de sistemas de trabajo / Sistemas hombre – máquina / I. Título / II. Serie.

620.82 SCDD 20

Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

Contenido

Estructura del texto 13

Introducción 15

Primera parte

1. Ergonomía y análisis del trabajo 21
   - 1.1. El diseño y la organización del trabajo 24
   - 1.2. La especialización de tareas 25
   - 1.3. La organización científica del trabajo 26
   - 1.4. La cadena de trabajo Ford 27
   - 1.5. Objetivos en el análisis del trabajo 28
2. La ergonomía y los sistemas de trabajo 32
   - 2.1. Ergonomía y ergonomías 32
   - 2.2. Qué es la ergonomía 38
   - 2.3. El proceso de intervención ergonómica 40
3. Metodología de la intervención ergonómica 43
   - 3.1. Las condiciones de trabajo 43
   - 3.2. Ergonomía de la acción 46
     - 3.2.1. El análisis de la actividad de trabajo 49
   - 3.3. Modelo de intervención ergonómica para el análisis de un trabajo 52
     - 3.3.1. Fase 1: análisis de la estructura funcional 54
     - 3.3.2. Fase 2: análisis de la estructura operacional 56
     - 3.3.3. Identificación de disfuncionamientos 59
     - 3.3.4. Análisis causal de disfuncionamientos 62
     - 3.3.5. La tarea dentro de una unidad de análisis 64
     - 3.3.6. Las características de la tarea 66
     - 3.3.7. Las condiciones de realización de la tarea 66
       - 3.3.7.1. Análisis de la actividad de un operario de panadería 67

4. Intervenciones ergonómicas en el mundo del trabajo 70
4.1. Caso I. Intervención ergonómica desde la perspectiva del estudio de la tarea..... 70
4.1.2. Principales causas de variación de la tarea 72
4.1.3. El análisis de la tarea 74
4.1.4. Conclusión..... 75
4.2. Caso II. Intervención ergonómica desde la perspectiva del curso de la acción 77
4.2.1. Introducción..... 77
4.2.2. Principios metodológicos empleados en la intervención ergonómica..... 78
4.2.3. Ámbitos para la descripción de una actividad 78
4.2.3.1. La actividad como signo 80
4.2.4. La intervención ergonómica y el curso de la acción 83
4.2.4.1. La regulación y la anticipación en la estructura de la acción 83
4.2.4.2. Intervención ergonómica en el sistema de producción 86
4.2.5 Conclusión..... 91
4.3. Caso III. Intervención para el análisis de actividades de servicios desde la perspectiva de la ergonomía cognitiva 91
4.3.1. Introducción 91
4.3.2. Cognición y actividad 92
4.3.3. Las situaciones de servicios 93
4.3.4. Estructura, método de intervención y acción ergonómica..... 95
4.3.4.1. Principios que guían el análisis 95
4.3.4.2. Solicitud para el desarrollo del estudio ergonómico . 97
4.3.5. La situación de trabajo 98
4.3.5.1. El servicio de ventas 98
4.3.5.2. Características de la relación de servicio 99
4.3.5.3. Una relación comercial especializada 99
4.3.5.4. Aspectos cognitivos 100
4.3.5.5. Gestión de la información 101
4.3.6. Conclusiones 104
4.4. Caso IV. Intervención ergonómica orientada a la estandarización de procesos de fabricación 107
4.4.1. Metodología empleada en la intervención..... 107
4.4.2. Modelo de análisis..... 109

4.4.3. Principios teóricos que guían la intervención 109
4.4.3.1. Primer nivel de estandarización 110
4.4.3.2. Segundo nivel de estandarización 110
4.4.3.3. Tercer nivel de estandarización 111
4.4.4. Flexibilidad integrada y estandarización 111
4.4.5. Análisis del proceso existente 113
4.4.5.1. Programación de la producción 113
4.4.5.2. El plan de ejecución 113
4.4.5.3. Estrategias de trabajo identificadas 115
4.4.5.4. Escalamiento de procesos 116
4.4.5.5. Detener un proceso 116
4.4.5.6. Secuenciación de procesos 117
4.4.6. Primera conclusión 118
4.4.7. Análisis del proceso de fabricación 121
4.4.7.1. Problemas identificados 123
4.4.8. Principios de estandarización 126
4.4.8.1. ¿Qué estandarizar? 126
4.4.8.2. Principios guías 127
4.4.8.3. Estudio de pieza por función 129
4.4.8.4. Estudio de pieza por proceso 130
4.4.8.5. Establecer gamas de piezas 131
4.4.8.6. Condiciones asociadas 131
4.4.9. Conclusiones 131
5. Conclusión de la primera parte 132

Segunda parte

1. Introducción 135
1.1. Diseño ergonómico y ergonomía de concepción 135
1.2. ¿Qué es lo ergonómico? 136
1.2.1. El principio de plasticidad 137
1.2.2. El principio de simplicidad 137
1.3. ¿Cómo desarrollar una solución ergonómica? 137
1.3.1. Sistematización 139
1.3.2. Modelación 139
1.3.3. Transferencia 142
1.4. La intervención ergonómica orientada al desarrollo de soluciones ergonómicas 144

2. El diseño visto desde la ergonomía 147
2.1. El estudio del trabajo y el diseño de dispositivos 147
2.1.1. El análisis de la acción 148
2.1.2. La eficiencia de la acción 148
2.1.3. Los elementos determinantes de la actividad 149
2.1.4. Las condiciones de diseño 150
3. La naturaleza del diseño 151
3.1. La evolución del concepto de diseño 155
3.2. La orientación de la acción de diseño 160
3.2.1. El modelo del emprendedor 161
3.2.2. El modelo del ingeniero 161
3.2.3. El modelo de Taylor 162
3.2.4. El modelo concurrente y cooperativo 162
3.3. La estructura de la acción de diseño 164
3.4. Estructuración de la actividad del usuario 164
3.4.1. Estructuración cerrada 165
3.4.2. Estructuración semi-abierta 165
3.4.3. Estructuración abierta 166
4. Características del proceso de diseño 166
4.1. La noción de problema en diseño 169
4.1.1. Tipos de problemas 170
4.1.1.1. Problemas cerrados 170
4.1.1.2. Problemas abiertos 170
4.1.1.3. Problemas mal definidos o mal estructurados 171
4.2. La planificación jerárquica *(top-down)* 171
4.3. Planificación oportunista (***bottom-up***) 173
4.4. Procesos que intervienen en la acción de diseño 175
4.4.1. Representación del problema 176
4.4.2. La generación de soluciones 177
4.4.3. Del proceso de evaluación 178
5. Las nociones de uso y de utilización 179
5.1. Modificar las representaciones 182
5.2. La especificidad 183
5.2.1. La situación 183
5.2.2. El papel del usuario 185
5.3. La noción de aplicabilidad 188
5.4. La noción de regulación 189
6. Herramientas para el diseño enfocado en el usuario 191

6.1. Herramienta para la integración usuario/situación/función 196
6.1.1. El análisis de la necesidad 196
6.1.2. Procedimiento para el análisis de la necesidad 197
6.1.2.1. Reconocimiento de la necesidad 197
6.1.2.2. Validación de la necesidad 199
6.1.2.3. Caracterización de la necesidad 200
6.2. Análisis de los inter-actores 202
6.2.1. Repertorio de elementos 203
6.2.2. Situaciones de desempeño 204
6.2.3. Funciones a cumplir por la solución 204
6.3. El análisis funcional 206
6.3.1. Determinar las funciones 206
6.3.2. Arborización funcional 208
7. Conclusión de la segunda parte 210

Bibliografía 211

Estructura del texto

Este texto se ha dividido en dos partes, la primera está consagrada a explorar y explicar la ergonomía enfocada en la construcción de la acción. Esta parte se subdivide en cuatro capítulos que abordan sucesivamente los conceptos de ergonomía, de condiciones de trabajo y los relativos a la solución de problemas ergonómicos. Estos últimos, que son tratados en el tercer capítulo, sirven como introducción al estudio del diseño ergonómico de soluciones. Con el fin de presentar la aplicabilidad de estos conceptos al lector, en el cuarto capítulo se presentan diversos casos de intervención ergonómica, los cuales obedecen a estudios que permiten apreciar la aplicabilidad de estos conceptos en diferentes escenarios.

La segunda parte realiza un acercamiento al problema que plantea el diseño ergonómico, y para ello presenta dos de las herramientas que utilizan principios ergonómicos para la concepción de soluciones. Para realizar este análisis se presentan métodos validados y utilizados comúnmente en una perspectiva de diseño orientada a los individuos. Así, en primer lugar se presenta el análisis estructurado de la necesidad a partir de las expectativas de los usuarios; luego se presenta el método del análisis funcional, que permite identificar las funciones de un sistema a partir de los resultados de métodos anteriores; y finalmente se presentan algunas indicaciones que permiten apreciar el carácter ergonómico de una solución aplicable a una situación de trabajo.

Introducción

En este texto se presentan algunos conceptos y marcos teóricos útiles para el análisis del trabajo en ergonomía. El objetivo es mostrar los conceptos de base para el estudio del trabajo en la tradición de la ergonomía de la actividad, y analizar de manera general algunos de los modelos empleados para el análisis de una actividad de trabajo.

Inicialmente se abordan los principios teóricos de la ergonomía y los principios que provienen de la fisiología, la biomecánica, la psicología y la sociología; también se presentan los acercamientos metodológicos empleados en esta misma perspectiva para el análisis de actividades de trabajo. En primer lugar se parte del principio de que un estudio ergonómico del trabajo se puede llevar a cabo desde una doble perspectiva:

- La perspectiva analítica, que hace énfasis en el estudio de los aspectos técnico-funcionales de los sistemas de producción. Este proceder centra el análisis del trabajo en la búsqueda de respuestas que permitan la adaptación dimensional y cognitiva del trabajador a una tarea.
- La perspectiva comprensiva, cuyo acercamiento concentra su interés en el conocimiento de las regulaciones y adaptaciones que elabora y pone en operación el individuo para mantener funcionando un sistema de trabajo a pesar de las deficiencias de concepción de la tarea, de la organización o de la tecnología.

Este texto adopta la perspectiva comprensiva del análisis del trabajo, es decir, aquí el trabajo se estudia desde el punto de vista de la ergonomía de la ac-

tividad. Esta ergonomía establece dos nociones de base para el análisis del trabajo: las de tarea y actividad,[1] distinción que permite estudiar la realización de un trabajo a partir de un doble enfoque:

- De una parte, el análisis de la tarea desde el concepto que tiene quien la prescribe, es decir que ella se ve integrada por los objetivos de la organización, los ingenieros, los sistemas de calidad, etc. Esta perspectiva de estudio permite comprender la lógica a partir de la cual se determina cómo deberá operar un sistema de trabajo.
- De otra parte, el análisis de la tarea desde el estudio de las interpretaciones realizadas por los trabajadores a partir de las instrucciones que les han sido transmitidas o comunicadas por algún medio. Adoptar este tipo de análisis permite estudiar la realización de la tarea desde los objetivos intermedios fijados por el trabajador (es decir, entender la manera como este trabajador integra las restricciones, las metas individuales y colectivas, los recursos cognitivos, etc.). Esto permite comprender mejor la forma en que se realiza la tarea.

En la tradición del estudio del trabajo, estas dos lógicas evidencian a su vez la posibilidad de llevar a cabo el estudio, observación y análisis desde dos puntos de vista:

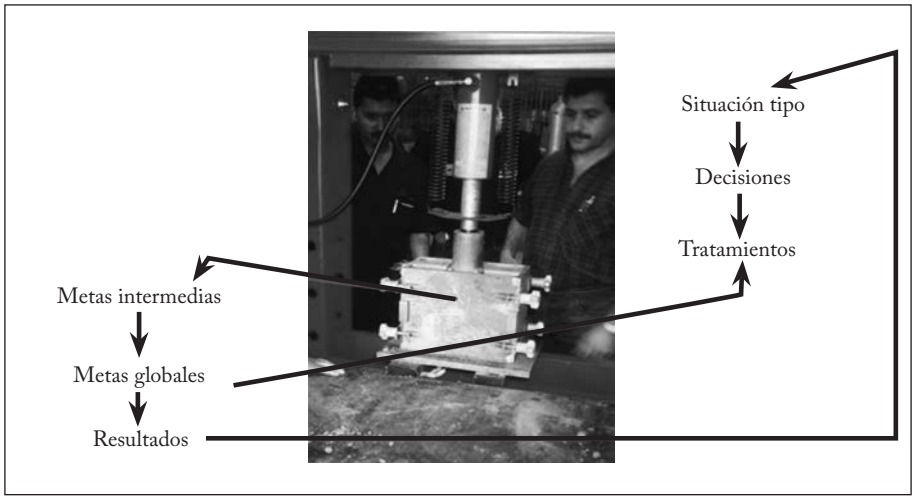
- Desde el *análisis extrínseco de la actividad de trabajo*, el cual permite describir la dinámica de realización de una tarea a partir de los comportamientos directamente registrados por un observador en la relación que se da entre sujeto/tarea/actividad. La explicación que se elabora a partir de estos registros permite comprender la naturaleza de los comportamientos; es importante recordar que toda interpretación se da a partir de los conocimientos del experto, esto significa que las interpretaciones

[1] La distinción realizada entre tarea prescrita y tarea real (Leplat & Hoc, 1983) muestra que una actividad auto-dirigida comporta siempre una parte de auto-organización de quien la debe llevar a cabo, aún en las situaciones más exigentes.

están referidas a patrones pre elaborados de acuerdo a la experiencia del observador.

- Desde el *análisis intrínseco de la actividad de trabajo*, que busca encontrar una explicación a los comportamientos registrados y originados en la relación sujeto/tarea/actividad. Estos serán estudiados a partir de las representaciones que construyen los trabajadores acerca de su propia tarea, de la situación en la que se encuentran y de los recursos disponibles para llevarla a cabo. La dinámica de realización de la tarea se estudia entonces a partir de los objetivos, metas e intereses establecidos de forma individual y colectiva por los trabajadores; las interpretaciones de los comportamientos y de las acciones de los trabajadores estarán referidas a principios de eficiencia y de economía elaborados por ellos mismos.

Gráfico 1. Las formas de análisis del trabajo

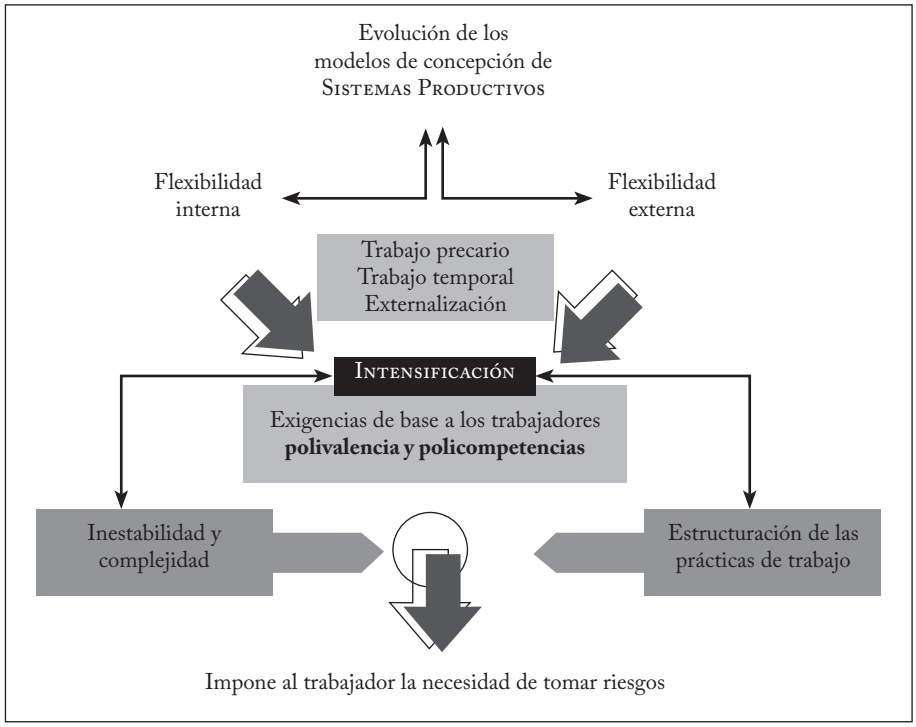


La realización de una tarea se encuentra relacionada con las metas fijadas por los individuos, así como con el tratamiento que se dé a la información recolectada en el entorno y con las decisiones que cada individuo toma a partir de esta información. *Todas las imágenes incluidas en este trabajo fueron elaboradas por su autor.*

El adoptar un punto de vista extrínseco o intrínseco implica al tiempo el uso y puesta en operación, por parte del observador, de diversos modelos conceptuales y teóricos. Entre la diversidad de propuestas que se encuentran en la literatura se pueden identificar las siguientes:

- Los modelos analíticos, que por sus características se basan en el uso de útiles de verificación y de predicción de las acciones empleadas por los individuos en la ejecución de una tarea;
- los modelos sistémicos, que buscan identificar y enunciar las interrelaciones que es posible establecer entre los componentes de un sistema de trabajo; y
- los modelos complejos, que adoptan en general para el estudio del trabajo una visión integral a partir de la identificación de la diversidad de variables que operan como elementos estructurantes en los sistemas de trabajo.

Gráfico 2. Variables relacionadas con la toma de riesgo en el trabajo



El uso de modelos que explican una situación de trabajo permite dar cuenta de los cambios presentes en los sistemas productivos. Cambios que resultan en dos formas de organización del trabajo: de un lado, el trabajo basado en la flexibilidad interna del sistema productivo, esto es, la posibilidad de adaptar

rápidamente individuos y tecnología a sus estructuras internas. De otro lado, la flexibilidad externa, es decir la capacidad del sistema productivo de adaptarse a las condiciones del entorno modificando el número, características y calificación de los trabajadores. Estas formas ocasionan una intensificación del trabajo que exige de los trabajadores el desarrollo de competencias en diversos campos del dominio técnico productivo del sistema. Al tiempo, resulta necesario desarrollar y estructurar prácticas de trabajo adaptadas a este escenario cambiante, lo cual redunda en sistemas basados en la inestabilidad y con alta complejidad funcional, en razón a su carácter adaptativo.

Estas nuevas formas de trabajo exigen a quien las lleva a cabo el desarrollo de estrategias específicas que le permitan hacer frente a los riesgos. El gráfico 2 resume la complejidad característica de los sistemas de trabajo contemporáneos y pone de manifiesto la necesidad de utilizar modelos adaptados a estas características. Por ello, en el estudio de sistemas de trabajo el uso de los modelos descriptivos sólo podrá informar sobre la dinámica parcial de alguna de las variables mencionadas y no permitirá el desarrollo de soluciones que contribuyan a la ergonomía del sistema.

Para el desarrollo de soluciones ergonómicas es necesario apoyarse entonces en estos modelos, ya que un adecuado análisis posibilita el diseño y concepción de soluciones ajustadas a los requerimientos de cada situación. Para el desarrollo de soluciones que den respuesta a las exigencias de un trabajo, en adelante este texto adopta un enfoque basado en un modelo complejo de análisis de las situaciones de trabajo.

La aplicación y puesta en operación de este modelo presupone que en el desarrollo de una solución ergonómica se deben integrar los intereses de los trabajadores y de la dirección de la empresa, así como los intereses que provienen del contexto inmediato. Por ello es fundamental abordar las diversas variables que están inmersas en una situación y que dan lugar a la acción del trabajador (cognitivas, técnicas, organizacionales, sociológicas, económicas, entre otras). El análisis del conjunto de estas variables permite establecer las condiciones y principios de elaboración de soluciones ergonómicas y facilita de esta manera el desarrollo de una acción de diseño orientada a satisfacer las expectativas y requerimientos de los trabajadores, de la organización productiva y del entorno en el cual el sistema de trabajo se desempeña.

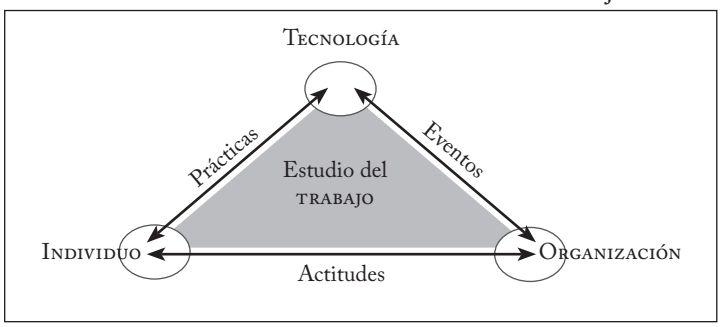
Primera parte

1. Ergonomía y análisis del trabajo

En el estudio del trabajo, así como en la identificación de las condiciones que favorecen la eficiencia en el desarrollo de una actividad, dos principios deben ser retenidos: el primero indica que el diseño del trabajo y de sus condiciones debe garantizar la conservación de la salud de un individuo. El segundo indica que cualquier diseño de trabajo debe contribuir al desarrollo de la experiencia y de los conocimientos, en este caso no solo del individuo sino también de la organización en la cual se desarrolla el trabajo.

En este sentido, el estudio del trabajo se constituye en un instrumento esencial que debe contribuir a hacer realidad estos dos aspectos. Y es en este campo donde los expertos en el estudio del trabajo, los ergónomos, tienen como objetivo central identificar los elementos de una situación de trabajo que podrán ser transformados para favorecer los principios que acaban de ser enunciados. Para responder a estas exigencias la ergonomía adopta un acercamiento en doble dimensión: en primer lugar, aborda los sistemas productivos como organizaciones complejas, que por su carácter sistémico deben ser estudiadas como elementos en continua transformación y adaptación a las condiciones externas. En segundo lugar, realiza un acercamiento localizado a cada una de las unidades productivas objeto de estudio, las determina como unidades de análisis y las aborda en su micro complejidad.

Gráfico 3. Variables a analizar en el estudio del trabajo



El estudio en doble dimensión de los sistemas de trabajo establece en primer lugar que en un cercamiento global es necesario identificar correctamente la relación tripartita que se da entre la organización (tomando en cuenta el contexto en el cual actúa), la tecnología (comprendiendo su carácter heterogéneo, es decir identificando la simbiosis de diversos estados tecnológicos) y finalmente el individuo (como producto de una historia profesional y cultural particular).

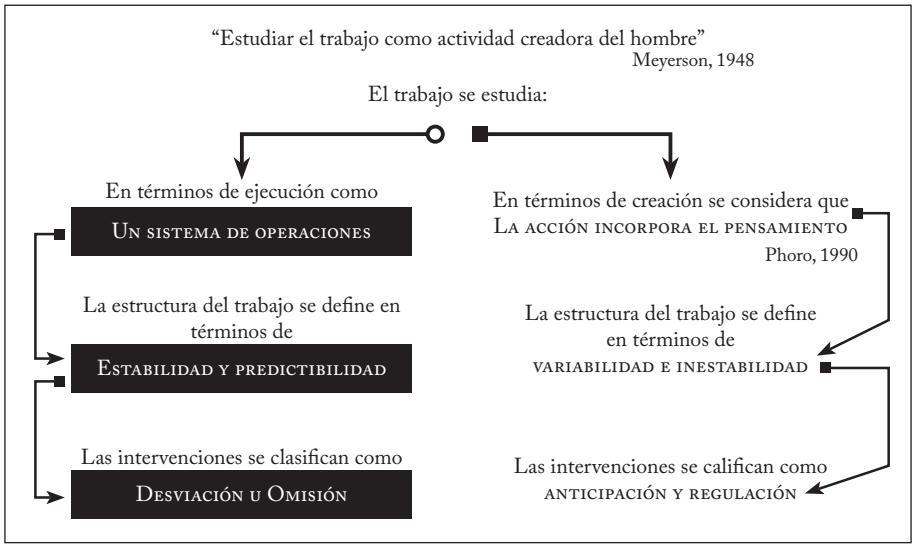
En segunda instancia, el acercamiento local trata de comprender los diversos elementos que emergen en cada situación de trabajo, así, entre el individuo y la tecnología se deben comprender las prácticas que se desarrollan ajustadas a la dinámica de cooperación y de funcionamiento (ver gráfico 3). Por otro lado, se deben identificar los eventos que se producen por el funcionamiento de la tecnología y los que se obtienen de las prácticas de gestión; de ello resulta entonces que el desarrollo de ciertas actitudes del individuo hacia la organización depende, entre otros factores, del diseño de las condiciones de trabajo y de las formas de contratación de los trabajadores. Como se aprecia, este acercamiento en doble dimensión permite comprender mejor las relaciones que se tejen y la dinámica de la situación de trabajo que se trata de estudiar.

Es necesario comprender la ergonomía como la herramienta que permite acceder a la diversidad de interacciones que se dan entre los componentes del sistema productivo, es decir, la tecnología, la organización y los individuos. También es importante considerar que esta interacción se da no solo a nivel físico, sino también a nivel cognitivo.

Por este motivo la ergonomía estudia el trabajo como una actividad creadora que permite al individuo poner a prueba sus conocimientos, al tiempo que le permite estructurar su experiencia y desarrollar nuevos conocimientos. Sin embargo,

en el desarrollo de la ergonomía se puede verificar la existencia de dos formas de descripción y por supuesto de análisis del trabajo (ver gráfico 4).

Gráfico 4. Análisis comparado de las formas de estudio del trabajo y sus implicaciones en el análisis de la accidentalidad en el trabajo



La primera forma estudia el trabajo como una acción que se desarrolla en un entorno descrito en términos de estabilidad y de predictibilidad, es decir, algunos ergónomos consideran la situación de trabajo como un entorno estable, para el cual se debe desarrollar una serie de operaciones que respondan al funcionamiento del sistema. Esta forma de análisis considera, por ejemplo, el accidente de trabajo como una desviación respecto al sistema de operaciones preestablecido, o como una omisión del individuo en relación con el conjunto de operaciones predefinidas.

Es importante aclarar que esta es una práctica común en los denominados estudios ergonómicos incompletos del trabajo; sin embargo, es también necesario anotar que hoy muy pocos sistemas productivos funcionan según esta idea; la noción de variabilidad se adapta mejor a su funcionamiento. Esta noción cubre no solo la disponibilidad operacional del sistema, sino también la diversidad de individuos que hacen parte de él.

En la segunda concepción de ergonomía para el análisis del trabajo adoptada en este texto, se incluye la capacidad de los individuos para anticipar y

regular el funcionamiento de los elementos con los cuales interactúan en el sistema de trabajo. Esta capacidad está estrechamente asociada a la concepción de un sistema de producción como una estructura de carácter variable y que presenta ciertos estados de inestabilidad, es decir, el sistema de trabajo opera bajo las condiciones de la realidad que lo rodea. Entonces se considera que el trabajo incluye el pensamiento del individuo, al poner en evidencia que su acción está dotada de capacidad creadora.

Esta concepción es menos frecuente en los estudios ergonómicos, principalmente debido a la dificultad que encuentran los expertos para integrar el conocimiento del trabajador al análisis realizado. No obstante, se constituye en el medio más eficiente para favorecer desde la perspectiva ergonómica el desarrollo de los individuos y de los sistemas productivos.

Por estas y otras razones la reflexión sobre el trabajo en ergonomía no escapa a la tradición de complejidad mencionada anteriormente. En la historia de la ergonomía la preocupación por el trabajo se ha centrado en el análisis de la persona que trabaja, y el objetivo es la adaptación del trabajo al hombre. Por ello, para la ergonomía es de vital importancia comprender los diversos giros que han dado en el curso de la historia la organización del trabajo y el trabajo mismo, de tal manera que el estudio del trabajo incluya su comprensión a partir del contexto económico y social en el cual se ha desarrollado. A continuación se presenta una breve descripción de los principales referentes que han definido las formas de trabajar que hoy conocemos.

1.1. El diseño y la organización del trabajo

El diseño del trabajo se encuentra estrechamente ligado al diseño de la estructura de una organización y, al mismo tiempo, al sistema de reglas que regulará el funcionamiento de dicho sistema; por ello, preestablecer esta organización ha sido una de las primeras preocupaciones de los diseñadores del trabajo. La organización del sistema técnico productivo a partir de la segmentación del producto o productos a fabricar, determina el lugar que ocupará el trabajador y las tareas que deberá desarrollar. La división del trabajo no es una jerarquía arbitraria o una necesidad técnica, esta división tiene fundamentos económicos.

El análisis del trabajo tiene que ver con situaciones en las cuales se mezclan divisiones de estatus, de poder, de saber, de remuneración. La división social del trabajo designa generalmente las grandes categorías socio-económicas que comparte el conjunto de la población. En realidad, esta división técnica interviene para designar la repartición arborescente de actividades económicas en tres grandes sectores: actividad primaria (agricultura), secundaria (industrias) y terciaria (servicios), cada uno de estos dividido en subsectores (industria textil, química, siderúrgica, etc.).

De otro lado, la división "técnica" del sistema de producción es representada por una división social, que se conforma con el diseño de la jerarquía, la estructura vertical de funciones —que se orienta por las relaciones de poder—, y una repartición técnica de tareas, que designa la segmentación horizontal de una operación en puestos de trabajo por razones de eficacidad técnica. Como su nombre lo indica, la "División Internacional del Trabajo (DIT), designa las formas de especialización, las relaciones de dependencia, de dominación o de explotación entre naciones" (Palloix, 1978).

1.2. La especialización de tareas

En sus orígenes, la industrialización desarrolló la división del trabajo desde un trabajo artesanal estructurado a partir del vínculo aprendiz - ayudante - maestro, que se definía por su carácter lineal; se pasó luego a una forma de trabajo que se concentró en la reunión de un gran número de trabajadores, y derivó en la cooperación y la organización del trabajo. La organización de un grupo de trabajo no implica una necesaria fragmentación de tareas, esta división se convierte en una alternativa ventajosa a partir del momento en que se inicia la fabricación en serie de piezas para grandes mercados. En el ejemplo de manufactura de alfileres, que describió Adam Smith en 1776, la repartición en 18 operaciones del trabajo para 10 obreros permitía alcanzar una producción cotidiana de más de 48.000 alfileres. Cada obrero realizaba 1/10 del producto, así su producción diaria alcanzaría a 4.800 alfileres.

Conceptualmente existe una diferencia entre separar tareas y especializarlas; la separación trata de reservar de manera estable una tarea a un individuo

específico. Por su parte, la especialización de tareas permite abrir el mercado de trabajo a una mano de obra menos calificada; si una tarea es insignificante en el sentido básico del término, se convierte en "accesible a todo el mundo", de tal manera que no es necesario reservarla al operario de profesión o de oficio que ha seguido un aprendizaje.

1.3. La organización científica del trabajo

La racionalización del trabajo elaborada por Frederick Winslow Taylor (1856) tuvo la influencia de su formación, ya que él se inició como aprendiz en un taller de mecánica y progresivamente ascendió escalones hasta alcanzar el título de ingeniero. En este transcurso, Taylor pudo observar cómo los obreros tenían un interés por frenar o desarrollar lentamente el proceso de fabricación. Taylor parte del principio de que los patronos desconocen algo que los trabajadores conocen muy bien: el tiempo necesario para la ejecución de cada tarea. Mientras los trabajadores conserven este conocimiento, los tiempos improductivos serán incontrolables. Teniendo en cuenta este fenómeno, Taylor reformula el problema y propone establecer criterios exteriores y objetivos que no sean dependientes del ejecutante, se debe separar el saber y el hacer.

En su análisis de tiempos asignados para cada operación, Taylor agrega otro instrumento de análisis, los movimientos. El resultado de este análisis científico se traduce en la expresión "*on best way*", o "mejor camino" para realizar un trabajo. Los trabajos de Taylor dieron origen a las oficinas de métodos en las industrias y al surgimiento del ingeniero de métodos, que analiza y establece los tiempos y movimientos propios de cada trabajo.

Posteriormente, Frank B. Gilbreth y su esposa Lilian, discípulos de Taylor, consideraron que los movimientos del trabajador, del deportista o del cirujano reposaban sobre estos mismos principios, y se dedicaron a filmar los gestos y a graficarlos en forma de diagramas y maquetas con el objetivo de perfeccionarlos. Esta innovación bastante simple anunciaba las futuras orientaciones de la ergonomía —*human factors*— que reposan sobre el principio de "adaptar el puesto de trabajo al hombre". Maurice de Montmollin (1984) recuerda, por otra parte, que la ergonomía es heredera de los trabajos iniciales de Taylor.

1.4. La cadena de trabajo Ford

El sistema de trabajo desarrollado por Henry Ford continúa las propuestas de Taylor. Este principio de organización parcela tareas y realiza una división horizontal del trabajo más intensiva y sistematizada, que se refleja en la disposición de los puestos de trabajo y en las instalaciones mismas.

El proceso de producción, dividido en operaciones especializadas y mecanizadas, fue seccionado aún más, hasta llegar al nivel de la operación. El encadenamiento casi continuo de tareas estaba asegurado por una banda de transporte automática. La división no solamente alcanzó la distribución horizontal de las operaciones, Ford también trabajó en la división vertical al establecer la jerarquía para la transmisión de las instrucciones que impulsaban la productividad.

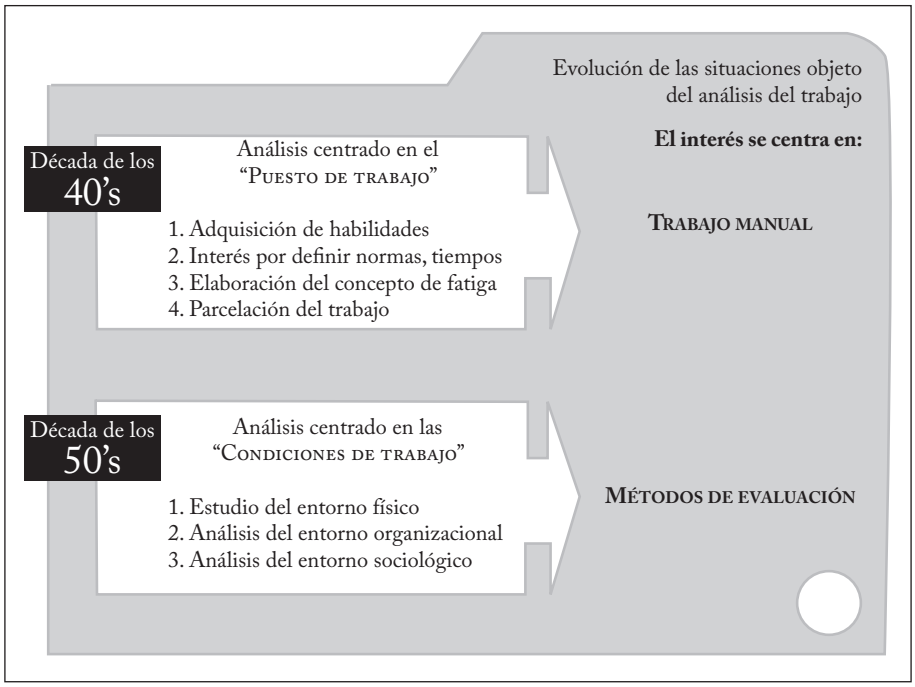
La cadena, como su nombre lo indica, es un mecanismo por el cual todas las operaciones se vinculan sucesivamente, los tiempos de ejecución están determinados por un sistema móvil (banda transportadora o dispositivo de transferencia de piezas). El encadenamiento sucesivo de puestos de trabajo contribuye a hacer más fluido el proceso de producción, la sucesión de operaciones después del ingreso de la materia prima hasta la finalización del producto tiende hacia la continuidad.

Este sistema de organización del trabajo hizo que en 1913 la fábrica de Ford en Detroit, siguiendo el principio de llevar el trabajo al hombre y no a la inversa, lograra resultados como estos: antes de implementar el sistema se necesitaban 12 horas y 28 minutos para montar un chasis del modelo "T"; con dos innovaciones, como fueron la elevación del chasis a la altura de la talla de los operarios y el transporte de este con ayuda mecánica, que lo desplazaba con una progresión regular de dos metros por minuto, fragmentando el conjunto de operaciones en 45 puestos, se logró montar el chasis del modelo "T" en una hora y 33 minutos. La cadena de montaje se aplica al final del proceso de producción, es decir al momento de ensamblar las piezas fabricadas en otras dependencias. La cadena desarrollada por Ford no fue solamente un método de organización del trabajo; representó un nuevo impulso para la economía que haría triunfar a la sociedad de consumo.

1.5. Objetivos en el análisis del trabajo

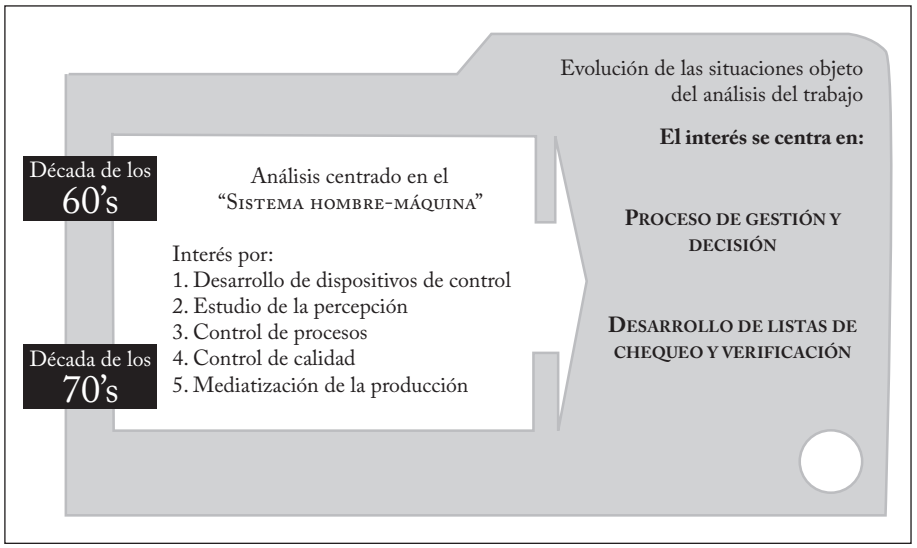
Para comprender mejor las implicaciones de las diferentes evoluciones que ha tenido el estudio del trabajo, a continuación se presentan en cuadros resumidos los principales objetivos del análisis del trabajo en la sociedad industrial de la segunda mitad del siglo XX. Esta presentación es seguida por un breve resumen que precisa cuáles son los objetos de estudio en cada una de las etapas.

Gráfico 5. La ergonomía del trabajo manual en las décadas de los 40 y 50



En los años 40 y 50 se dio inicio al estudio de los puestos y de las condiciones de trabajo como medio para mejorar la productividad de las empresas. En este periodo se desarrolló un gran interés por comprender el rol del tiempo en la ejecución de las tareas manuales, y en consecuencia hubo un gran desarrollo de métodos de evaluación, no solo de los puestos de trabajo, sino también de las condiciones en las cuales los trabajos eran desarrollados. Estos métodos incluyeron el desarrollo de categorías que agrupaban las diferentes variables presentes en los entornos de trabajo.

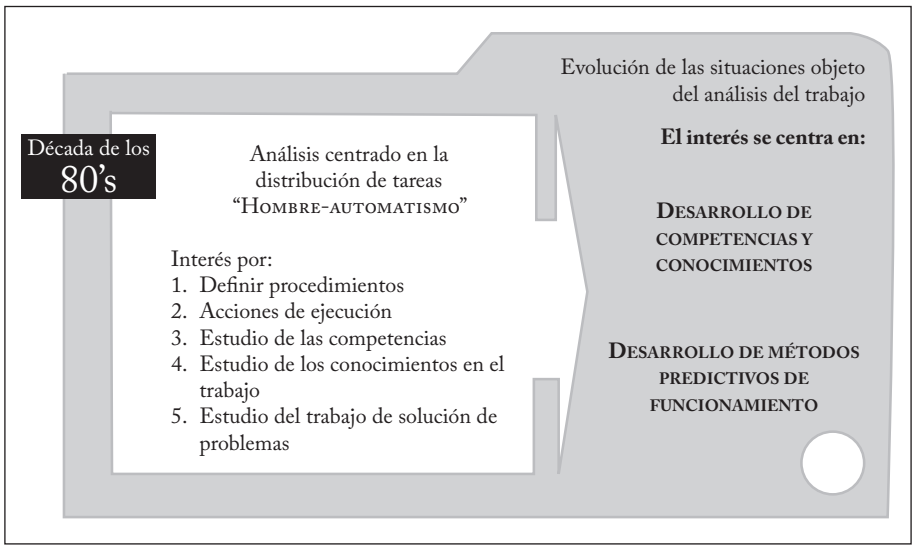
Gráfico 6. La ergonomía en las décadas de la informatización



El desarrollo de la electrónica y de los sistemas controlados por otros dispositivos despertó un gran interés, en las décadas de los 60 y 70, por el estudio de las relaciones entre las máquinas y los individuos. Por ello se hizo énfasis en comprender los procesos de toma de decisiones y la gestión de las informaciones provenientes del exterior por los individuos. Para comprender mejor estos fenómenos se realizaron avances en el diseño y aplicación de listas de chequeo, cuyo interés central era verificar la ejecución de procedimientos y el respeto de secuencias de activación de los dispositivos bajo control de los individuos.

En la década de los 80 existía ya una notable presencia de la informática en los sistemas productivos, bajo diversas formas. Esto impulsó el interés por comprender cómo hacían los individuos para integrar procedimientos complejos, seguir secuencias de comandos o resolver problemas relacionados con la gestión de los dispositivos y de las informaciones que estos producen. Por ello tuvo lugar un amplio desarrollo alrededor del tema de la resolución de problemas en la operación de sistemas técnicos.

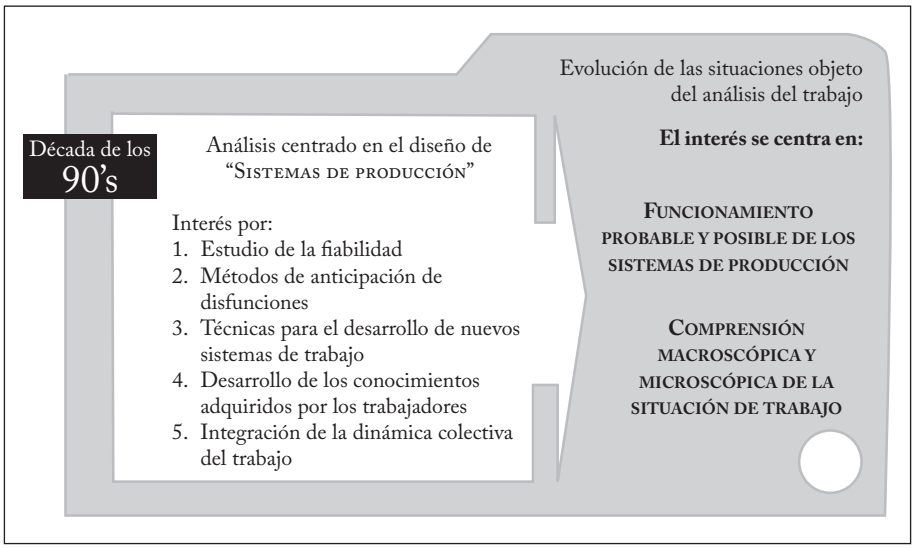
Gráfico 7. La ergonomía en la década de la automatización



Surgió entonces un interés por los sistemas que permitían simular y por los métodos que daban la posibilidad de prever por anticipación el funcionamiento de un sistema; esto fue especialmente importante en el desarrollo de procesos de producción continua en el sector de la química y la energía. De aquí surgió la necesidad de comprender cómo estos conocimientos eran integrados, luego organizados y finalmente aplicados. Su aplicación promovió el desarrollo de la noción de competencia, es decir, la capacidad que tienen los individuos para poner sus conocimientos en situación, probarlos y luego, si es necesario, modificarlos.

De esta manera, la década de los 90 planteó nuevos retos. El primero de ellos se refería a la necesidad de desarrollar los sistemas de producción desde una perspectiva ergonómica, ya que la corrección se había convertido en un problema debido a los costos asociados.

Gráfico 8. La ergonomía en la década del conocimiento y las competencias



Se trataba entonces de encontrar el mejor equilibrio de funcionamiento de los sistemas, se buscaba que respondieran en las condiciones previstas y en las condiciones esperadas (fiabilidad). Al mismo tiempo, se trabajaba en la comprensión de las formas de gestión colectiva de los sistemas y de la forma como se distribuía colectivamente el conocimiento, así como se trataba de comprender las formas de codificación de los conocimientos realizadas por los individuos en el trabajo. De esta manera se incrementaba el estudio de los sistemas de producción desde la perspectiva del funcionamiento probable y el posible, de acuerdo a las condiciones del entorno. Además, se enfatizaba en la necesidad de desarrollar acercamientos de análisis basados en una doble comprensión, esto es, comprender la forma como el sistema y la situación de trabajo se vinculaban y se afectaban por las influencias del entorno. Por ello se prefería la definición de unidades de análisis que pudieran ser comprendidas desde la macro dinámica del sistema de producción y desde la micro dinámica de la situación de trabajo.

Esta última perspectiva ha marcado los desarrollos en ergonomía en el nuevo siglo, especialmente porque se ha constatado que un acercamiento unidimensional limita y reduce las posibilidades de alcanzar efectos positivos con la intervención de la ergonomía en términos de eficiencia productiva, seguridad y

salud. Como se mencionó anteriormente, las modificaciones de los sistemas de producción y las nuevas realidades del mundo del trabajo hacen necesario un acercamiento que permita explicar la doble dinámica que afecta al individuo en el trabajo; hoy día no es posible a partir de una simple inspección o de la aplicación de una lista de chequeo comprender y poner en evidencia las complejidades de las situaciones de trabajo. Este tipo de acercamiento limita en gran medida los beneficios de la ergonomía para los individuos y se encuentra directamente relacionado con el poco entrenamiento técnico de los expertos en prevención y ergonomía. Indudablemente, el desarrollo de una solución que resulte en mejores condiciones de trabajo debe incluir el análisis del sistema y su contexto, así como del individuo y su situación.

2. La ergonomía y los sistemas de trabajo

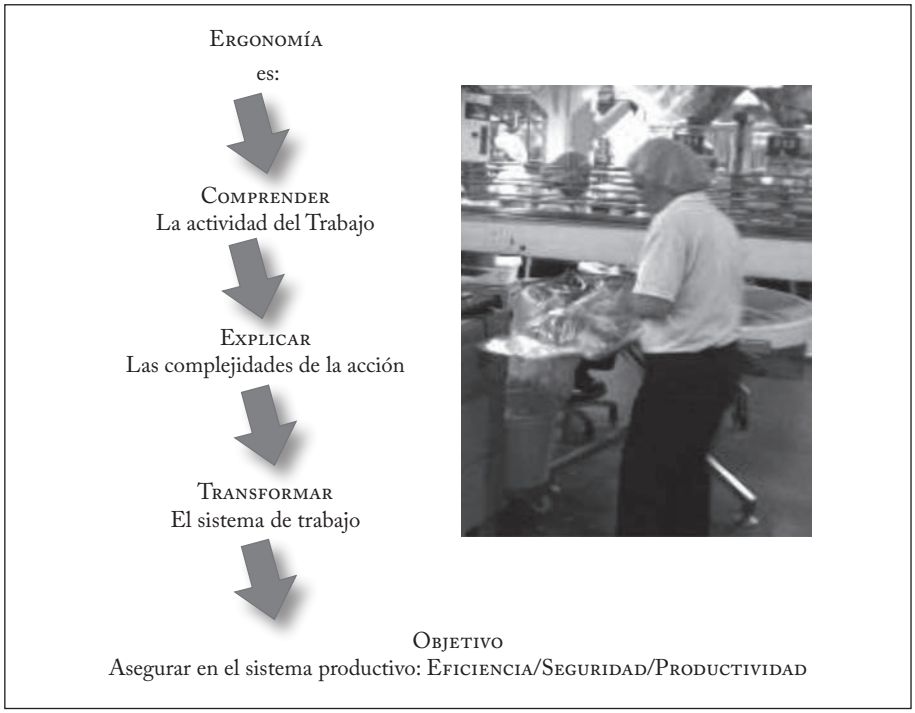
2.1. Ergonomía y ergonomías

La palabra ergonomía es utilizada en el medio de los sistemas de trabajo para designar desde diversas perspectivas de análisis y de conocimiento el estudio de "las situaciones de interacción" entre el hombre y los sistemas tecnológicos.

Consideramos la ergonomía como un proceso estructurado en tres principios: el primero hace referencia a la comprensión de la actividad de trabajo realizada por los individuos. El segundo busca explicar las complejidades de esta actividad en función de la naturaleza y tipo de interacciones que se identifican. El tercero hace referencia a la necesidad de transformar el sistema de trabajo a partir de las anteriores etapas. Estas transformaciones se dan en una perspectiva de mejoramiento de la eficiencia, seguridad y productividad del sistema y del individuo, en este último caso se involucra la posibilidad para el individuo de desarrollar sus conocimientos y conservar su salud.

Para comprender cómo se llega a esta idea contemporánea de ergonomía es necesario realizar una breve reseña histórica. Se puede decir que las primeras experiencias en el estudio ergonómico del trabajo se concentraron en tareas desarrolladas en situaciones bien definidas y bien circunscritas (generalmente situaciones de laboratorio); estos análisis buscaban identificar y descubrir las exigencias de esas tareas para los individuos, principalmente en términos fisiológicos y biomecánicos.

Gráfico 9. Principios de la ergonomía



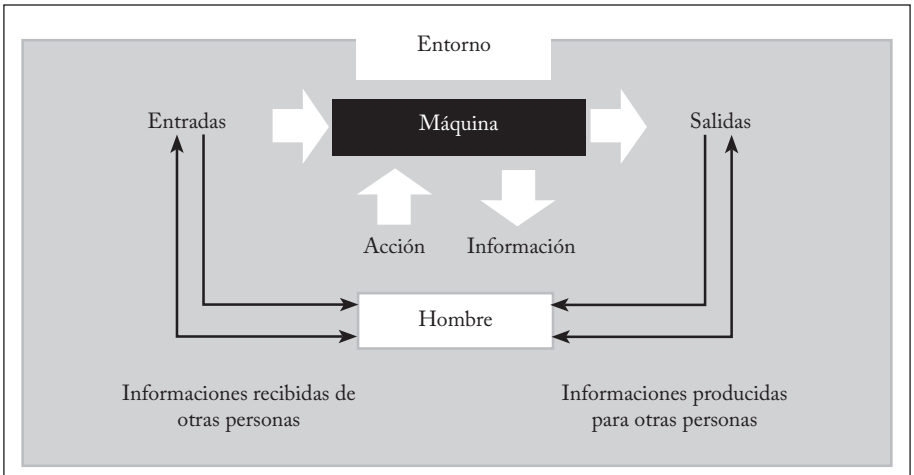
El objetivo de los análisis era desarrollar acciones encaminadas a definir la forma de organización de esas tareas, y se orientaban a determinar los criterios de selección de trabajadores, así como a desarrollar los mecanismos de formación para la ejecución de los trabajos dentro de los límites establecidos por la organización. Era un enfoque técnico, orientado a definir las reglas, normas y procedimientos de acción, y el marco de análisis se situaba conceptual y teóricamente en la relación hombre-máquina. Lo que permite identificar este tipo de análisis del trabajo es su marcado interés por el estudio de los gestos (posturas), de los movimientos básicos y elementales, así como de los umbrales físicos (ruido, iluminación, vibraciones, etc.) que un trabajador puede soportar; en cierta medida se trata de establecer cuales serán los límites de exposición de un individuo a la condición de trabajo estudiada.

Este tipo de análisis del trabajo se aplicó en los primeros estudios ergonómicos efectuados para explicar y comprender la ejecución de una tarea. Así, Chapanis, Garner y Morgan, en su libro *Psicología experimental aplicada* (1949),

expresaban que su interés se centraba en "las interrelaciones entre los hombres y las máquinas"; efectivamente, con sus análisis trataron de establecer las características de las máquinas, con el interés de que estas pudieran ser utilizadas por el hombre. De aquí surgió el interés por precisar los componentes de las máquinas, de tal manera que estos permitieran un uso sin riesgo de equivocación.

Los resultados de los estudios desarrollados por esta corriente de la ergonomía se enfocaban en la determinación de las proporciones y las dimensiones volumétricas de las maquinas y de las características de sus controles (con énfasis en los tableros de control); también se determinan las propiedades físicas y operativas de los indicadores, de las palancas, etc. En esta lógica de análisis ergonómico del trabajo, el hombre es segmentado y estudiado a partir de sus capacidades funcionales, es decir, se trata de determinar sus límites para ver, oír, leer, moverse, transportar, cargar, etc.

Gráfico 10. Modelo explicativo de la relación hombre - máquina desarrollado por Leplat y Cuny en 1977 a partir de los principios de la ergonomía de los sistemas hombre - máquina



Modelo sistemas hombre-máquina. (Leplat y Cuny., 1977)

Esta corriente de analisis ergonómico, que tiene una larga tradición en los países anglosajones, se ha desarrollado también bajo el concepto de "factor humano" o "*human factors*". Este concepto, que apareció en el siglo XIX en los círculos militares para designar "el operador que acciona los dispositivos técnicos",

ha orientado el estudio del trabajo en términos de búsqueda de rendimiento en la ejecución de una instrucción o de un procedimiento, es decir, el objetivo es estructurar el diseño y disposición de los dispositivos y procedimientos para que el operador los pueda memorizar, de tal suerte que pueda ejecutar las instrucciones en lapsos de tiempo predefinidos (óptimos). Bajo estos principios, la HFES - Human Factors and Ergonomics Society se fijó como objetivo la difusión de conocimientos que permitieran el diseño de máquinas, y de esta manera orientó el trabajo de la ergonomía a la búsqueda de la mejora de la eficiencia, la seguridad y la facilidad de manejo de los sistemas (máquinas).

La idea de hombre desarrollada y difundida a partir de este enfoque de la ergonomía influyó posteriormente de manera amplia en los trabajos sobre la organización del trabajo elaborados por Taylor, que a la postre culminaron en su propuesta de organización científica del trabajo (OST). En su enfoque de organización del trabajo Taylor consideraba que en el diseño se debía tomar en cuenta exclusivamente la parte útil del trabajador, es decir, el trabajo muscular; el hombre era entonces considerado como un sub-ensamble de la máquina. Este tipo de ergonomía enfatizaba en tomar la parte "útil" (el trabajo muscular) para integrarla al funcionamiento del dispositivo técnico, el resto de las capacidades del individuo eran consideradas como un ruido de fondo que era necesario neutralizar. En esta perspectiva de análisis del trabajo el hombre se consideraba como una máquina imperfecta, que por tanto era fuente de errores latentes. En resumen, para el estudio de la ejecución de una tarea, el error y la naturaleza de la acción humana se asociaban a las nociones de falta y de sanción.

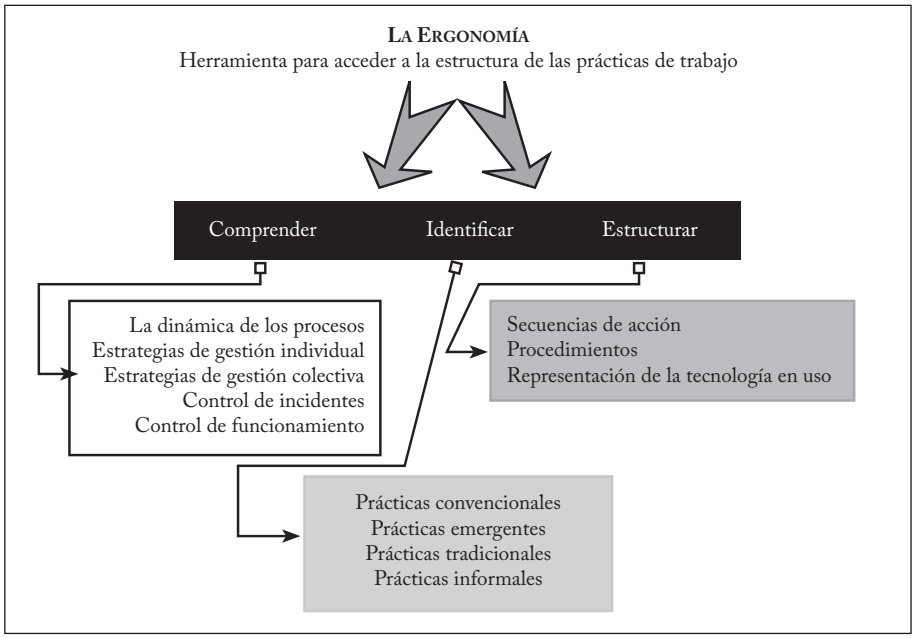
Es importante recordar que en esta idea del hombre en el trabajo perdura una preocupación creciente por la seguridad. Por ello se estima, desde el punto de vista de la metodología de intervención, que en un análisis de la relación hombre - máquina sería posible para un observador externo a la situación caracterizar en su integridad la situación de trabajo. En consecuencia, se considera que es posible que un observador experto pueda conocer por anticipado el proceso de trabajo. Esto lo podemos apreciar en el siguiente postulado: "El analista supone que es posible definir las características de una situación al instante t^2 a partir de los datos recolectados en la situación t^1" (Amalberti, 1996).

Como se aprecia, el objetivo del análisis ergonómico desde la perspectiva hombre - máquina es definir las características y procedimientos de un trabajo, desarrollando para ello normas funcionales, procedimientos y prescripciones. En consideración a que todo trabajo se ejecuta en un entorno específico, el interés de los factores humanos se orienta, como ya se mencionó, al estudio del entorno físico. Estas variables son objeto de mediciones precisas que buscan determinar los niveles límites para la ejecución de un trabajo; así, se desarrolla un gran interés por el mejoramiento de las condiciones de trabajo, que a su vez motiva al análisis y determinación de la organización, de la repartición de tareas entre hombres y máquinas (Chapanis, 1965), de los aspectos colectivos y de la ejecución de las actividades en entornos contaminados.

Para precisar esta distinción entre la medición y el análisis, en la definición de ergonomía adoptada en el año 2000 por la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) se establece una diferencia, importante para la práctica del análisis ergonómico del trabajo, entre los objetivos de la disciplina científica y la profesión como tal. La primera hace referencia al objetivo de la ergonomía: la comprensión de las interacciones que se dan entre los individuos y los demás componentes de un sistema, es decir, la disciplina científica, se ocupa de identificar y establecer la naturaleza de estas interacciones. En cambio, la práctica profesional de la ergonomía aplica principios teóricos, datos y métodos con el objetivo de optimizar las actividades de las personas y al tiempo optimizar el desempeño global de un sistema de producción.

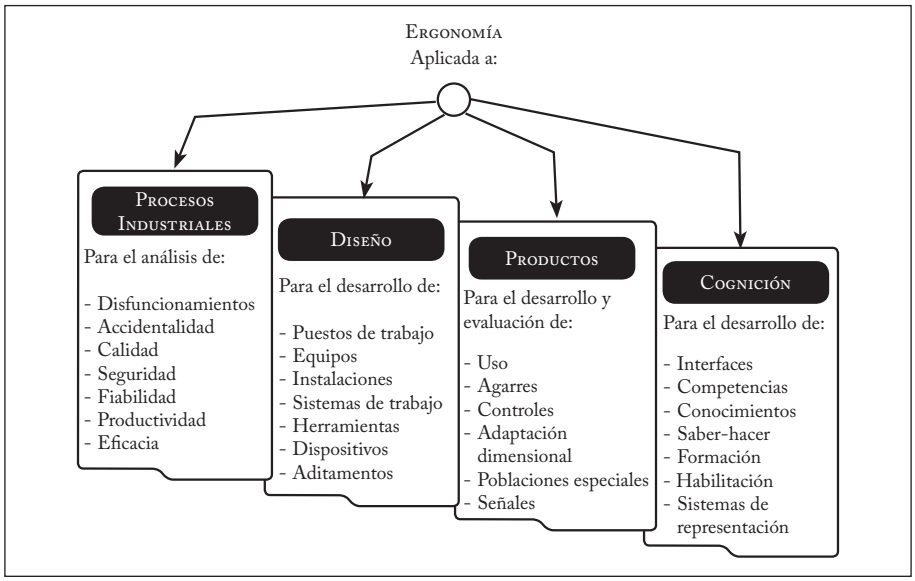
Así, entonces, podemos decir que la ergonomía se ocupa de comprender y estudiar la actividad de trabajo, es decir la actividad desplegada por el hombre para alcanzar metas y objetivos en el marco de un sistema productivo; en consecuencia, trata de mostrar cómo la actividad es construida y desarrollada por el hombre. En este proceso de creación se desarrollan saberes y conocimientos no solo sobre cómo alcanzar apropiadamente el objetivo propuesto, sino que también se desarrollan los saberes de anticipación y de previsión, los cuales permiten mantener el control de una situación y en consecuencia aseguran la integridad del trabajador.

Gráfico 11. La ergonomía como disciplina científica



En este sentido la ergonomía puede ser preventiva, de concepción, correctiva y cognitiva.

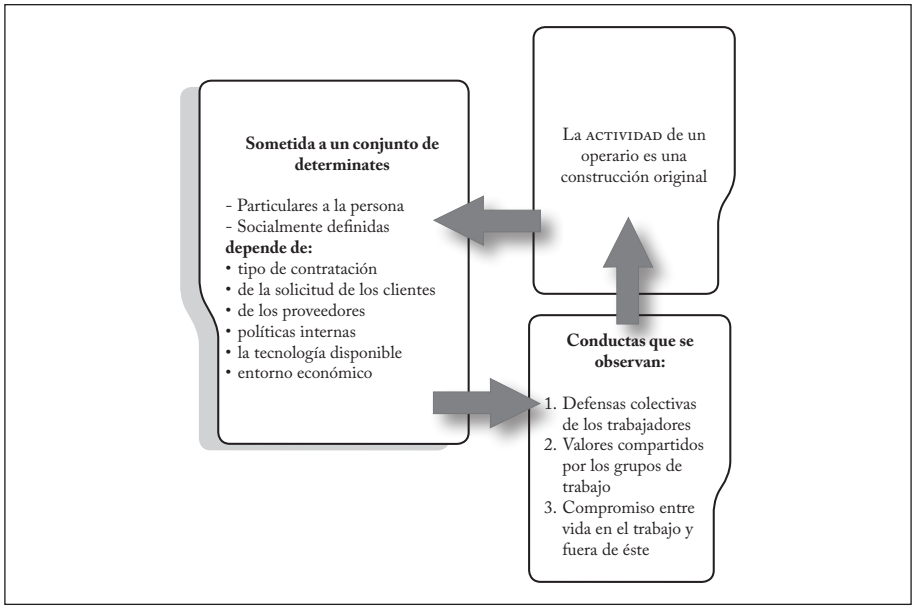
Gráfico 12. Clasificación de los principales campos de aplicación de la ergonomía de acuerdo a la propuesta de la IEA



2.2. Qué es la ergonomía

Así, es necesario precisar lo que es ergonomía y plantear una definición; esta definición considera "la ergonomía como la disciplina científica que estudia el hombre en actividad de trabajo, para comprender los compromisos cognitivos, físicos y sociales necesarios para el logro de los objetivos económicos, de calidad, de seguridad y de eficiencia de un sistema de producción. El objetivo de la ergonomía es transformar esta situación, mejorando las condiciones de trabajo y preservando la salud del trabajador sin afectar los objetivos económicos de la empresa" (Castillo & Cubillos, 2000).

Gráfico 13. Determinantes de la actividad de trabajo

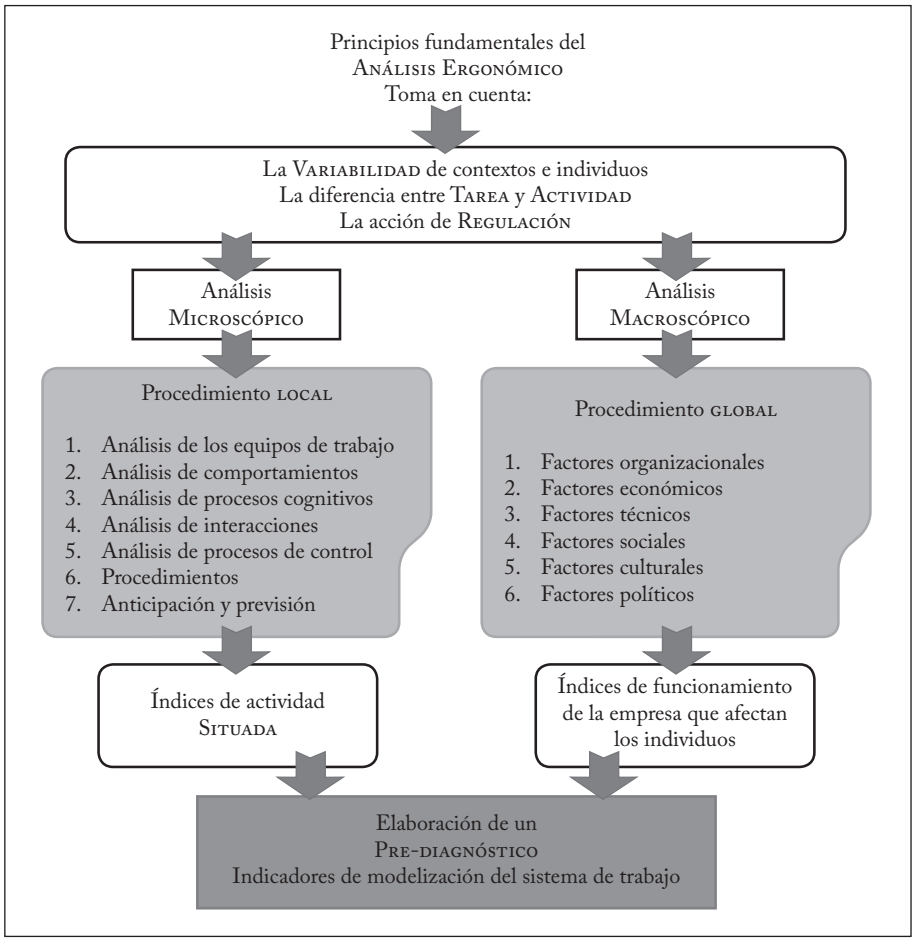


De acuerdo con la definición aquí adoptada, la actividad construida por el individuo se estudia como una organización original que puede ser observada directamente (gráfico 13), aunque algunos de sus componentes no son fácilmente observables en razón de que responden a un conjunto de determinantes establecidas por elementos exteriores al desarrollo de la actividad. Estos elementos se inscriben en el concepto de condición de trabajo.

En la definición que hemos adoptado de ergonomía, el análisis que se desarrolle del trabajo, tal como se presenta en el gráfico 14, parte de los siguientes

principios: se considera la variabilidad de individuos (características físicas, antropométricas, formación técnica, experiencia, etc.) y la variabilidad de contextos de producción (baja, media o alta producción, producción bajo régimen de disfunción, etc.). También se considera de partida la diferencia entre lo que se pide que se haga y lo que el operario hace realmente (actividad), de lo cual se deriva el tercer principio, que es la capacidad de regulación, fundamentada en la previsión y anticipación que realiza el operario del funcionamiento del sistema con el que interactúa y en el medio en que se encuentra.

Gráfico 14. Principios fundamentales que guían el análisis ergonómico de una situación de trabajo y que permiten la elaboración de un diagnóstico a partir de una aproximación en doble dimensión local y global (Castillo & Cubillos, 2000)



De acuerdo a este planteamiento, el análisis de la actividad se desarrolla siguiendo un acercamiento local que busca comprender la microdinámica de las acciones y operaciones emprendidas por los individuos, para ello se considera que toda actividad es situada, es decir, se desarrolla en un contexto y bajo unas condiciones específicas. En segunda instancia se procede globalmente, identificando el conjunto de factores que afectan al operario bajo la forma de restricciones o de condiciones específicas de realización del trabajo. Esto permite identificar los índices de eficacia del sistema de producción estudiado. Finalmente, la conjunción de los hallazgos en este doble acercamiento permite la preparación de un diagnóstico, la elaboración de un modelo del proceso que explica a nivel micro y macro las formas de interacción de los elementos identificados. Esto permite identificar las vías de intervención que tendrán como objetivo la transformación de la situación de trabajo.

2.3. El proceso de intervención ergonómica

La intervención ergonómica se desarrollará siguiendo una serie de principios que deben ser considerados para comprender de manera correcta la naturaleza de la actividad de trabajo. Los gráficos 15 y 16 presentan los principios y fundamentos que guían el desarrollo de una intervención ergonómica.

Gráfico 15. Los principios generales que guían una intervención están relacionados con la complejidad del sistema de trabajo estudiado y con las etapas que deban ser desarrolladas en el curso del análisis

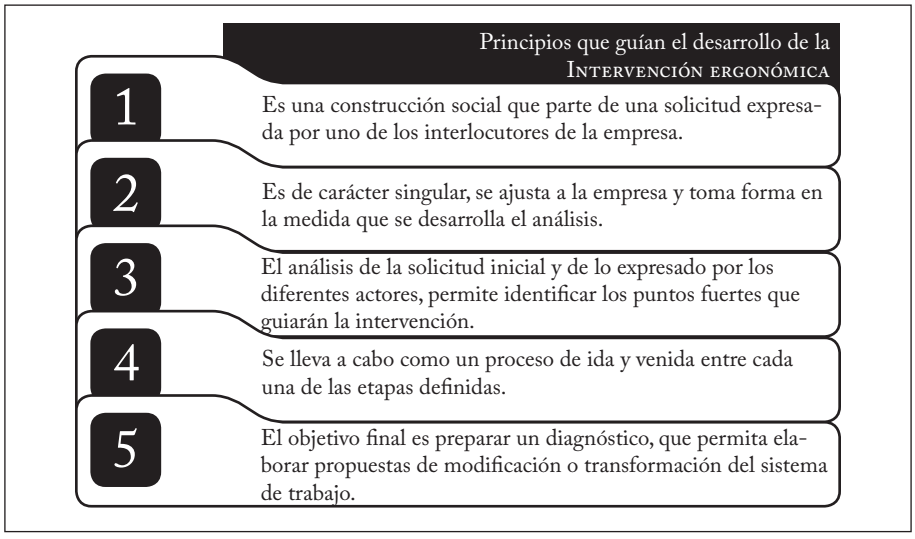
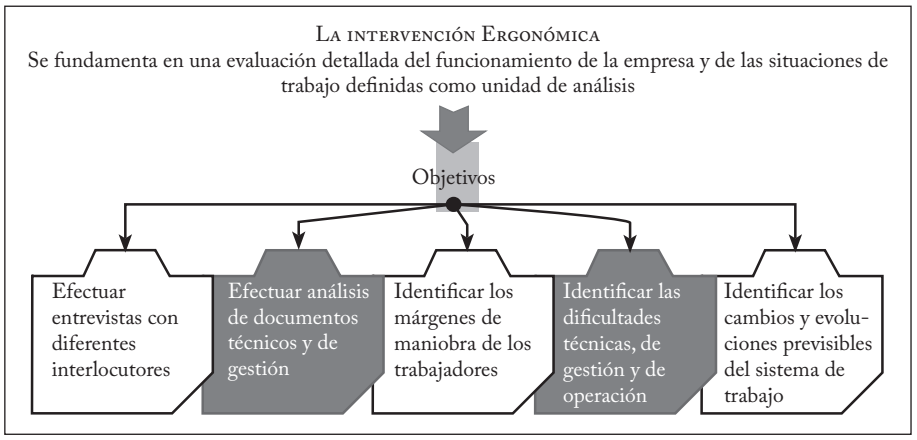


Gráfico 16. Principios de la intervención ergonómica que permiten dar forma a la información proveniente de la situación de trabajo y que dan estructura al diagnóstico ergonómico



El planteamiento de la intervención ergonómica desarrollado a partir de la definición establecida, indica que para poder realizar modificaciones y transformaciones de las condiciones de trabajo, deberá considerarse la participación del conjunto de actores involucrados de manera directa e indirecta en el proceso; y también que esta se fundamenta en una cuidadosa observación de la situación de trabajo, con el objetivo de identificar las dificultades características de esta situación definidas por el contexto de acción. Esto significa que el analista debe establecer preliminarmente las formas de funcionamiento del sistema.

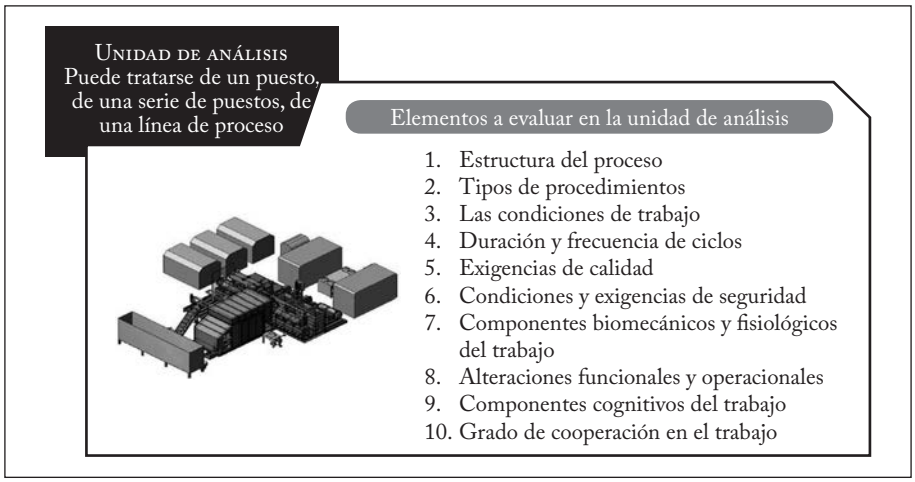
Por ello es necesario identificar los cambios previsibles en el sistema de producción, no solo desde la perspectiva organizacional, también es necesario considerar la perspectiva tecnológica, de recurso humano y por supuesto las evoluciones del entorno del sistema. Esto permite también comprender las formas de gestión del tiempo, de los procesos y de las tareas asignadas a los trabajadores, con el fin de establecer cómo regulan su propio tiempo y cómo encuentran espacios de recuperación física y cognitiva.

El objetivo de la intervención es definir las unidades de análisis, es decir, nuestro enfoque no se centraliza en el concepto antiguo de puesto de trabajo; en nuestra perspectiva consideramos que la unidad de análisis hace parte de la situación de trabajo, a su vez inmersa en la complejidad del sistema de producción. Por ello, cuando se selecciona una unidad de análisis se está definiendo el

campo de observación y registro que evidencia las interacciones de la unidad analizada. Para el desarrollo de la intervención consideramos necesario definir la unidad de análisis en función de la complejidad y de la dinámica de la actividad desplegada por los individuos en su situación de trabajo, lo cual elimina las restricciones geográficas o las delimitaciones espaciales. En resumen, en nuestro modelo de intervención ergonómica la unidad de análisis se define como el *continuum* de acciones ejecutadas en el espacio tiempo de realización de la actividad, y en este sentido estará referida a la estructura de la actividad y no a la posición geográfica, ni a la ubicación espacial de los instrumentos de trabajo.

Una vez seleccionada o delimitada esta unidad de análisis, el objeto de la intervención ergonómica será la identificación y evaluación de las variables referidas a la estructura de la actividad en el proceso estudiado, estableciendo las precedencias y consecuencias con respecto a la unidad de análisis. Se estudiará la influencia de las condiciones de trabajo, la organización interna de la actividad en la unidad de análisis (identificando tiempos, ciclos, procedimientos); también se estudiarán las restricciones provenientes de las exigencias de calidad y de las condiciones de seguridad, al tiempo que se dimensionarán sus efectos en el individuo desde la perspectiva biomecánica y fisiológica. Estos componentes se analizarán con el fin de identificar alteraciones funcionales y operacionales con efectos a nivel individual, organizacional y tecnológico.

Gráfico 17. Elementos a evaluar en las unidades de análisis seleccionadas. Estos elementos guían el desarrollo de la intervención ergonómica



3. Metodología de la intervención ergonómica

Para el desarrollo de una intervención ergonómica fundamentada en un análisis ergonómico de la actividad de los individuos, el primer escalón lo constituye el estudio y evaluación de las condiciones en las cuales se realiza un trabajo. Este tipo de análisis, practicado por los expertos en higiene y seguridad industrial, permite ampliar el campo de criterios que podrán considerarse en el diseño de una tarea, así como en el diseño de los dispositivos necesarios para ejecutarla. Adicionalmente, el enfoque de las condiciones de trabajo se constituye en una condición previa para el desarrollo de una intervención ergonómica.

3.1. Las condiciones de trabajo

Cuando se hace referencia al concepto de condiciones de trabajo, los expertos en seguridad industrial remiten "al conjunto de criterios que permiten establecer las condiciones materiales en las cuales se lleva a cabo un trabajo" (Goguelin, 1996). En la literatura se distinguen las siguientes categorías en las condiciones de trabajo:

a) *Las condiciones que implican el trabajo mismo*, entre estas están:
   - Las relativas al diseño del puesto de trabajo. Hacen referencia a la antropometría del puesto, a sus mecanismos de abastecimiento, a los cuellos de botella, a la disposición de comandos y señales, etc.
   - Las que se refieren al contenido del trabajo. Hacen referencia a lo que el trabajador debe realizar, es decir la repetición de acciones; al interés que suscita el trabajo; a la responsabilidad asignada al trabajador; a la complejidad de la tarea; a la posibilidad que tiene el trabajador de apreciar los resultados de su acción, etc.
   - Las que se refieren al gasto físico y mental. Hacen referencia a la postura de trabajo requerida para el desarrollo de la tarea, a los esfuerzos físicos exigidos, a la manipulación de cargas que el trabajador debe realizar, a los efectos sobre los individuos, por ejemplo la fatiga visual; a las operaciones que deben realizar, a los controles que deben efectuar, etc.

- Las que se refieren a las condiciones de higiene. Hacen referencia a la presencia de fuentes de contaminación, a las estrategias y programas de saneamiento, a las características de los espacios, a la ventilación de estos espacios, al diseño de las estrategias y programas de formación, etc.
- Las que se refieren a las condiciones de seguridad. Hacen referencia a la existencia de riesgos mecánicos, de incendio, eléctricos, de explosión, a la disponibilidad de recursos de protección individual y colectiva, etc.

b) *Las condiciones que resultan del entorno inmediato al puesto de trabajo*, entre estas están:
   - Las que se refieren al entorno físico. Se trata de identificar la existencia de fuentes de ruido, establecer las características de la iluminación, determinar las condiciones térmicas de ejecución de las tareas, medir la presencia de partículas en suspensión, etc.
   - El entorno psicológico y social. Se orienta a identificar y establecer la existencia de grados de autonomía, a precisar los problemas de comunicación entre individuos y entre servicios, a establecer las relaciones de dependencia así como las posibilidades de cooperación, etc.
   - El modo de remuneración. Se orienta a determinar la clasificación salarial, los tipos de contratación, el vínculo laboral, etc.

c) *Las que resultan de la inserción de la empresa en su medio geográfico y económico*, entre estas están:
   - Las formas de establecimiento de los horarios de trabajo (trabajo en turnos, trabajo por horas, los horarios diurnos, etc.).
   - La influencia de los trayectos de desplazamiento (la distancia entre procesos y unidades de producción, los desplazamientos profesionales que hacen parte del trabajo desarrollado, etc.).

La cantidad de variables que se abarca en el estudio de las condiciones de trabajo, de la diversidad de situaciones de producción y de proceso así como de culturas de trabajo, ocasiona que estas categorías y sus contenidos puedan

variar en función de los ciclos y de las evoluciones de los sistemas de producción. Por tanto, los contenidos de estas categorías pueden parecer ciertamente arbitrarios a la luz de la complejidad del trabajo; sin embargo, cabe destacar que la mayoría de los métodos denominados ergonómicos para el estudio del trabajo se basan en ellas (ver LEST, Renault, MAPFRE, entre otros).

Con todo, es fundamental destacar que la perspectiva de los *human factors* o la ergonomía del factor humano parte de algunas de las categorías determinadas en las condiciones de trabajo para el desarrollo de los análisis de puestos de trabajo. En la práctica de la intervención ergonómica directa en procesos productivos se evidencia que el estudio de un trabajo fundamentado exclusivamente en estas categorías presenta ciertas limitantes. De un lado, porque casi siempre tiene dificultades para considerar las variaciones de orden intra e inter individual (variaciones cognitivas, fisiológicas, biomecánicas de los individuos, de los grupos culturales, etc.).

Esto sucede porque tradicionalmente el enfoque analítico de los factores humanos busca determinar las características de un hombre estándar, y adicionalmente porque en sus principios metodológicos y de intervención considera que el hombre y la situación de trabajo evolucionan bajo unas condiciones de trabajo estables, es decir, que la mayoría de las categorías permanecen constantes en el tiempo de ejecución de las tareas.

Como consecuencia de este postulado, se deja un poco de lado la noción de evento azaroso, así como las posibles variaciones y desvíos que resultan de los cambios inesperados o programados del contexto inmediato del sistema de producción sobre los medios técnicos y sobre los sujetos, y por tanto estos son raramente considerados al analizar una situación de trabajo.

Es por ello que en el desarrollo de la intervención ergonómica enfocada en el estudio de la actividad del individuo se busca integrar el mayor número de variaciones al analizar una situación de trabajo y al definir las unidades de análisis. En el nuevo lenguaje de los estudios de las situaciones de trabajo aparecen en la definición de unidades de análisis ergonómico, de un lado, la noción de variabilidad estructural, que se refiere a los cambios de disposición técnica y organizacional de los sistemas de producción; y de otro lado, la de variabilidad operativa, que hace referencia a los cambios en los procedimientos,

cambios que habitualmente responden a las mismas transformaciones de los sistemas de producción o en su defecto a las exigencias y creciente presencia del cliente en esos sistemas.

No obstante estas consideraciones, la identificación y evaluación de las condiciones de trabajo es una vía válida de acceso a la comprensión de su dinámica interna y externa, pues permite construirse una representación inicial de la situación objeto de estudio; sin embargo se debe recordar que estas categorías ofrecen información limitada. Para hacerlas útiles el analista deberá vincular esta información a la noción de variabilidad, en busca de una mejor comprensión de la naturaleza y complejidad de las tareas.

Por esta razón, el estudio de un sistema de producción parte de la evaluación de las condiciones de trabajo, pero al tiempo se debe comprender que este sistema, en el contexto de las evoluciones de las formas de trabajo, se adapta de manera continua, constituyéndose en una realidad compleja que debe ser comprendida y estudiada en esta misma dimensión. Una alternativa de estudio de esta realidad compleja la constituye la ergonomía basada en la teoría de la acción, la cual comparte los principios enunciados antes en la definición de ergonomía.

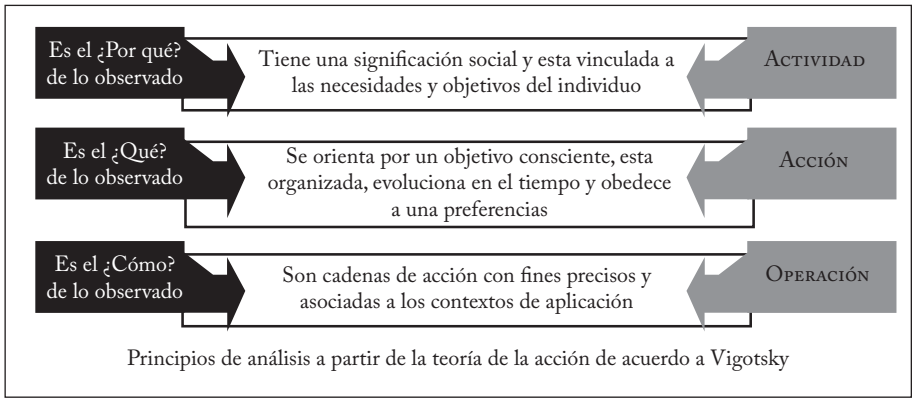
3.2. Ergonomía de la acción

La ergonomía considera que todo sistema de producción es una realidad abierta y variable, difícil de conocer de manera determinista. Es por ello importante considerar que algunos de los umbrales de funcionamiento técnico y humano establecidos inicialmente en el diseño del sistema de producción se desplazan de manera permanente de los límites de funcionamiento predeterminados. Esta variación trae como consecuencia que en toda situación de trabajo se puede comprobar el principio de adaptabilidad de la acción a las condiciones de trabajo. Este principio indica que todo individuo construye su acción en una situación de trabajo variable y por esto debe hacer frente a los eventos que se presentan de manera imprevista; el individuo está obligado a evaluar y discriminar lo que de su entorno de trabajo debe ser tomado en cuenta y lo que debe dejar de lado para asegurar la estabilidad funcional del sistema.

La estructura de la construcción elaborada por el individuo en el trabajo podrá ser analizada de acuerdo a la teoría de la actividad. La actividad puede

ser explicada a partir de tres conceptos: actividad, acción y operación, los cuales se encuentran organizados jerárquicamente y permiten comprender en forma ascendente cómo se constituye la actividad de trabajo. Para poder estudiar estas categorías se plantean las preguntas relativas a la naturaleza de cada una.

Gráfico 18. Principios de la teoría de la actividad



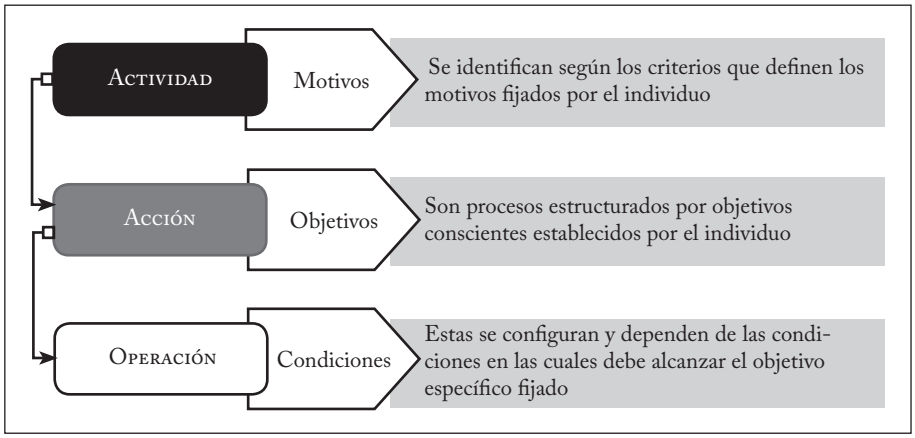
Con el estudio de la actividad se busca poner en evidencia el valor de los aportes del trabajador en la gestión y control de un proceso de producción. También se busca identificar el sinnúmero de aportes que debe realizar el trabajador para transformar los objetivos que le han sido asignados y diseñados desde una idea estática y limitada de acción de intervención. El análisis de la actividad brinda al analista la posibilidad de comprender cómo se llevan a cabo las adaptaciones necesarias para responder a la dinámica propia del sistema de trabajo. De otro lado, al estudiar la acción adaptativa, reguladora y anticipatoria que debe llevar a cabo el individuo en su situación de trabajo, se puede también hacer referencia a las características establecidas para el estudio de la acción por Habermas (1989). Este autor plantea que la acción puede pensarse como una *búsqueda de equilibrio entre diferentes racionalidades* que a veces pueden considerarse contradictorias. En la ejecución de una acción, estas racionalidades se manifiestan a través de:

- *Una racionalidad instrumental*, que se orienta a la eficiencia y sirve de base a la lógica de la productividad en la empresa.

- Una *racionalidad axiológica*, que implica la presencia de valores compartidos por un grupo social (pertenencia a una profesión, por ejemplo).
- Una *racionalidad subjetiva*, que se relaciona con la manera en que cada individuo percibe su entorno en relación a la construcción de sí mismo y de su propia identidad.
- *Una racionalidad comunicacional*, que se vincula a la búsqueda de la verdad y que se deriva de la capacidad de cada uno para interactuar con los otros, para ponerse de acuerdo sobre sus acciones y las de los otros. Esto permite al individuo en el trabajo verificar la validez de sus acciones, bien sea en al ámbito individual o en el colectivo.

La posibilidad de comprender cómo se da la confrontación entre estas diversas racionalidades en la actividad de trabajo motiva a adoptar un punto de vista analítico, y a considerar lo complejo del trabajo y de la situación de trabajo. Esto indica que se deberá desarrollar una perspectiva orientada a comprender la complejidad de "la acción en el trabajo", que se analiza siguiendo los principios establecido por Leontiev. Este autor establece que en el análisis de toda actividad se deben considerar los objetivos, metas elaboradas de manera individual en función de las condiciones en las cuales cada actividad deberá desarrollarse. Tal como se explica en el siguiente gráfico.

Gráfico 19. Teoría de la actividad (Leontiev, 1975)



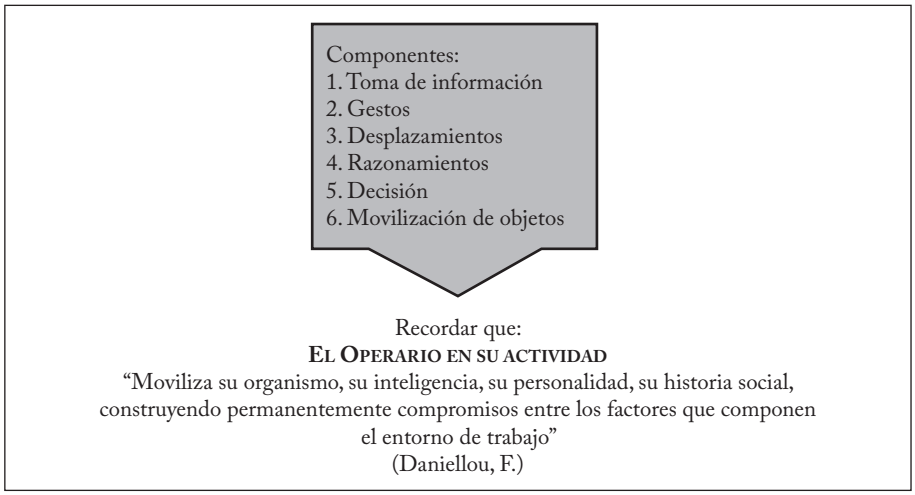
La teoría de la actividad da origen a la ergonomía denominada "de la actividad", la cual establece que en el estudio del trabajo es esencial considerar

al hombre como un componente activo y prospectivo del sistema. El hombre, al ejecutar una acción, es capaz de actuar *regulando* y *controlando su acción*, y además, en razón de su capacidad de adaptación, es capaz de cometer errores y al tiempo es capaz de corregirlos.

3.2.1. El análisis de la actividad de trabajo

Este tipo de análisis presume que el individuo, al buscar el equilibrio funcional y operacional de los sistemas de trabajo (la recuperación del error, por ejemplo), pone en juego un saber específico, constituido por un conjunto de conocimientos que permiten no solo recuperar los propios errores, sino poner de manifiesto la capacidad de cada sujeto para identificar errores de sus colegas y de la tecnología con la cual interactúa. Por ello, en el análisis de una actividad se asume que la situación de trabajo (relación entre condiciones e individuo) se manifiesta como una dinámica en continua evolución y que por tanto se caracteriza por la adaptación mutua (sistema - sujeto).

Gráfico 20. Componentes de la actividad de trabajo



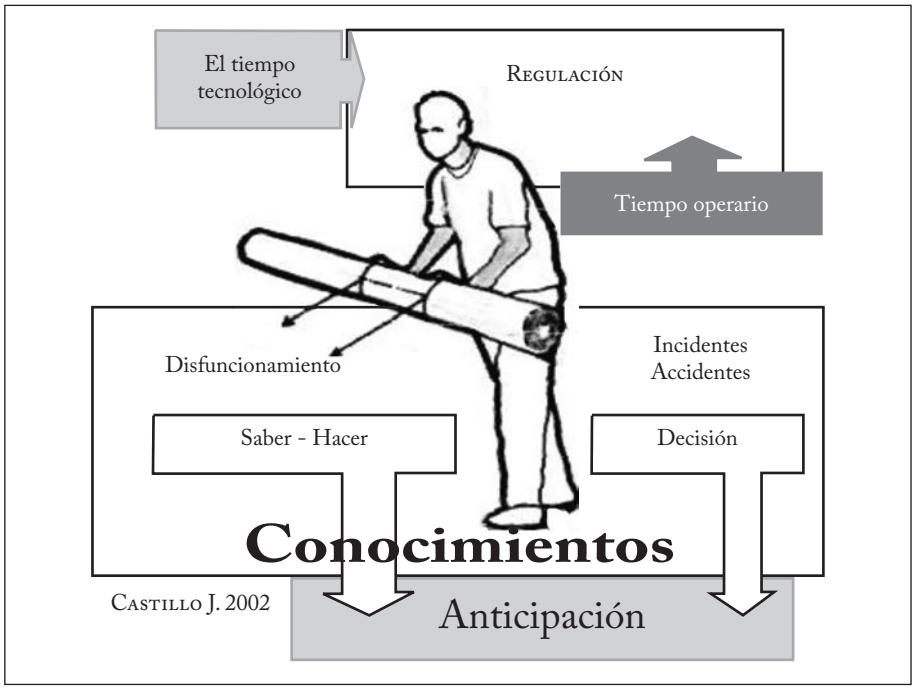
De acuerdo a Daniellou, la actividad expresa el compromiso del trabajador en la realización de su tarea. La actividad se compone de un conjunto de elementos de diversa naturaleza, algunos de ellos pueden ser observables (los comportamientos, los desplazamientos) y otros pueden ser no observables (los razonamientos, la resolución de problemas).

La ergonomía centrada en el análisis de la actividad de trabajo parte del siguiente presupuesto: el trabajo que es presentado al trabajador como el objetivo de su acción deberá ser transformado por este en función de las variaciones y cambios que encontrará durante su ejecución. Esto significa que en gran medida la seguridad y la fiabilidad de un sistema de producción reposan en la intervención oportuna del trabajador para mantener la estabilidad del sistema, lo cual implica, en primer lugar, que la realización de un trabajo no puede analizarse como un conjunto de funciones aisladas, sino como un conjunto de acciones (gestos y posturas, comunicaciones, razonamientos, etc.) adaptadas a la situación.

El segundo presupuesto de análisis indica que toda acción se deberá considerar inscrita en una "situación" particular y específica de trabajo (con variables de naturaleza y complejidad diferente). La actividad de trabajo no deberá analizarse como comportamientos realizados en puestos de trabajo y circunscritos a dispositivos técnicos (máquinas, herramientas, programas, etc.). El análisis establece que su objeto no es el trabajador que hace uso de los dispositivos, sino comprender la forma y naturaleza de utilización de estos dispositivos (esto es, el uso específico que resulta de los objetivos y metas establecidos por el individuo en el momento y situación precisos de intervención). En últimas, este es el recurso que permite encontrar los medios para mejorar un trabajo.

Esto no significa que el diseño de un dispositivo, un equipo o un procedimiento no deba en primer lugar responder a ciertos "límites y características" para evitar errores y dificultades (sillas muy bajas, calor y ruido excesivos, etc.). La elaboración de una solución deberá también integrar las variaciones naturales de la acción del sujeto, siempre teniendo en cuenta que en la acción el sujeto otorga un significado específico y vinculado a cada una de las situaciones en las cuales se desempeña. El diseño de una solución ergonómica busca entonces la doble adaptación de la máquina al hombre y del hombre a la máquina, y considera los elementos estructurantes de la actividad de trabajo; esto es integrar al desarrollo de la solución los elementos de análisis observados. Entre estos elementos, dos tienen un rol fundamental: el primero es la capacidad de regular que posee el individuo, y el segundo la capacidad de anticipar las posibles evoluciones de funcionamiento del sistema con el que interactúa.

Gráfico 21. Elementos estructurantes de la actividad de trabajo



En el estudio de la actividad, la regulación se considera como la expresión de la búsqueda de equilibrio que efectúa el individuo para establecer la dinámica de su acción (tiempo, velocidad de ejecución de las operaciones). Para ello establece un balance entre el tiempo de operación del cual dispone y el tiempo que determina la tecnología en uso. Por otra parte, la anticipación del funcionamiento y la operación se fundamenta en la conformación de una base de conocimientos sólida, elaborada en parte a partir de las decisiones tomadas y en parte en función de la experiencia acumulada por el individuo. La capacidad de anticipar está organizada con la información que proviene de los diversos eventos a los cuales debe hacer frente en el desarrollo de su acción.

Con el objetivo de analizar y evidenciar estos elementos, la ergonomía de la actividad ha desarrollado diversos instrumentos metodológicos. El primero de ellos se denomina intervención, y tiene algunas características específicas: la primera es que toda intervención tiene un carácter participativo y social, es decir, debe integrar los puntos de vista de los diversos actores de la situación de trabajo. La segunda es que toda intervención se orienta a la

búsqueda de soluciones que transformen las situaciones de trabajo que pueden afectar la salud del trabajador; y la última, que toda intervención se desarrolla con criterios de eficacidad productiva e individual.

3.3. Modelo de intervención ergonómica para el análisis de un trabajo

La intervención ergonómica para el estudio de una situación de trabajo se elabora de acuerdo a las características particulares de la situación y del sistema de trabajo. El modelo de intervención parte de la definición precisa, en primera instancia, de la unidad de análisis, unidad que puede estar conformada por un puesto de trabajo o por un conjunto de ellos. La unidad de análisis permite delimitar el ámbito de intervención y posibilita un mejor manejo de las variables a analizar.

El gráfico 22 presenta los componentes de una intervención una vez definida la unidad de análisis. La definición de una unidad de análisis no excluye el estudio y comprensión de la dinámica del proceso antes y después de la unidad determinada, esto quiere decir que se registran las exigencias, metas y restricciones a las cuales está expuesta la unidad y que se derivan de lo que sucede antes y después en el proceso de producción. Es decir, la intervención se desarrolla comparando de manera continua los resultados de dos acercamientos: uno global, que establece la relación entre empresa o sistema de producción y unidad de análisis, y otro local, que trata de comprender y explicar la relación entre situación y estructura de la actividad del individuo.

En el desarrollo de la intervención ergonómica se sigue un ciclo de etapas que se realimentan unas a otras. En primer lugar se define el objetivo de la intervención (lo que se desea modificar, adaptar o transformar) y se lleva acabo el análisis del trabajo con el propósito de elaborar un diagnóstico; a partir de este se prepara un plan de acción que da lugar a la definición de la intervención. Esta selección incluye en algunos casos redefinir el objetivo fijado inicialmente. El proceso se debe evaluar de manera continua con el propósito de producir conocimientos sobre el hombre en el trabajo (Castillo, 2006).

Una vez establecidos estos elementos se puede determinar que la intervención se desarrolle de manera general siguiendo dos grandes fases, sin olvidar que la amplitud, profundidad y complejidad de estas depende, por un lado,

Gráfico 22. Etapas para el análisis del trabajo en una intervención ergonómica

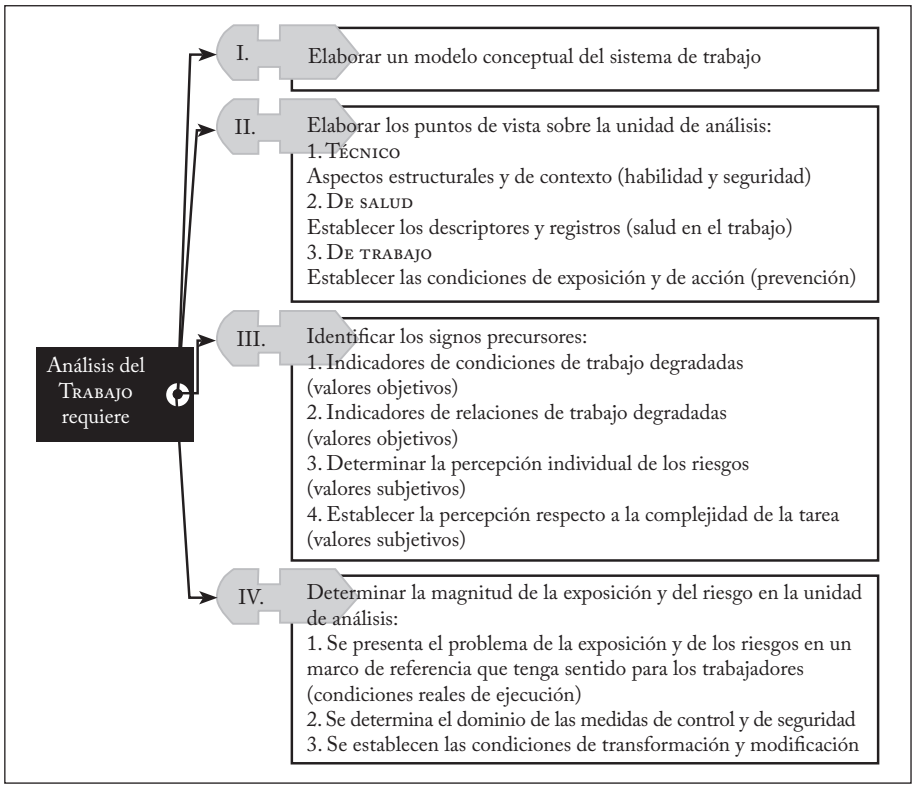
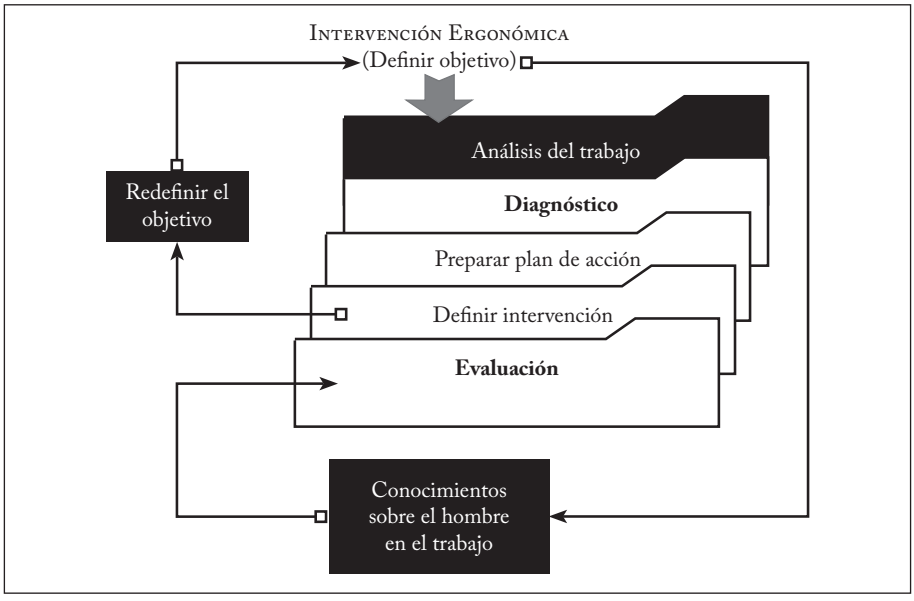


Gráfico 23. Etapas globales para el desarrollo de una intervención ergonómica

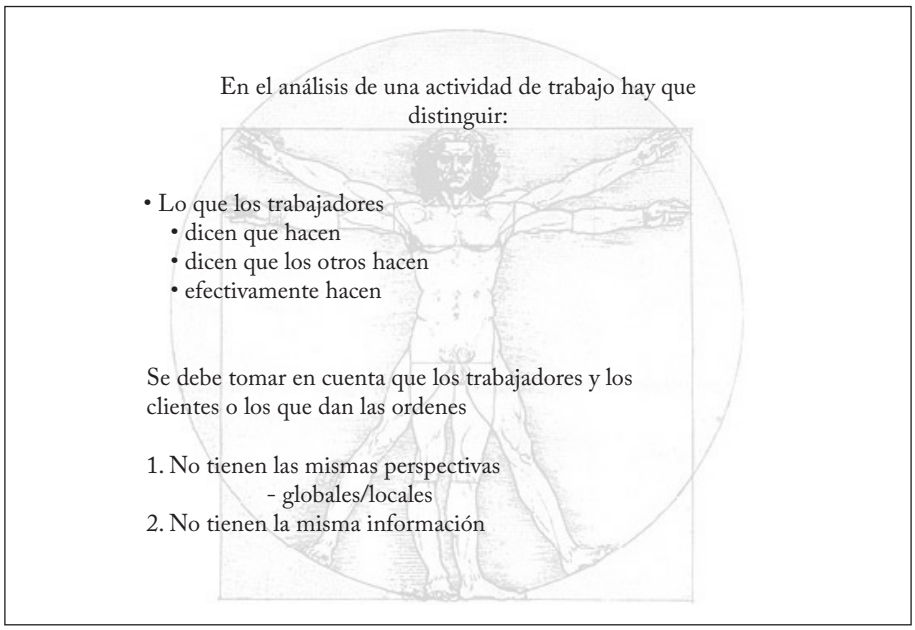


de los intereses de la intervención, es decir, de lo que se desea estudiar; y por otro lado, de la complejidad de las tareas estudiadas. Se puede entonces establecer para este proceso de intervención las siguientes fases:

3.3.1. Fase 1: análisis de la estructura funcional

Esta fase se compone de tres etapas relacionadas entre sí. En primera instancia el analista debe describir y registrar el funcionamiento normal de un sistema de trabajo, esto se logra con la ayuda de herramientas de tipo descriptivo (diagramas de bloques, gráficos).

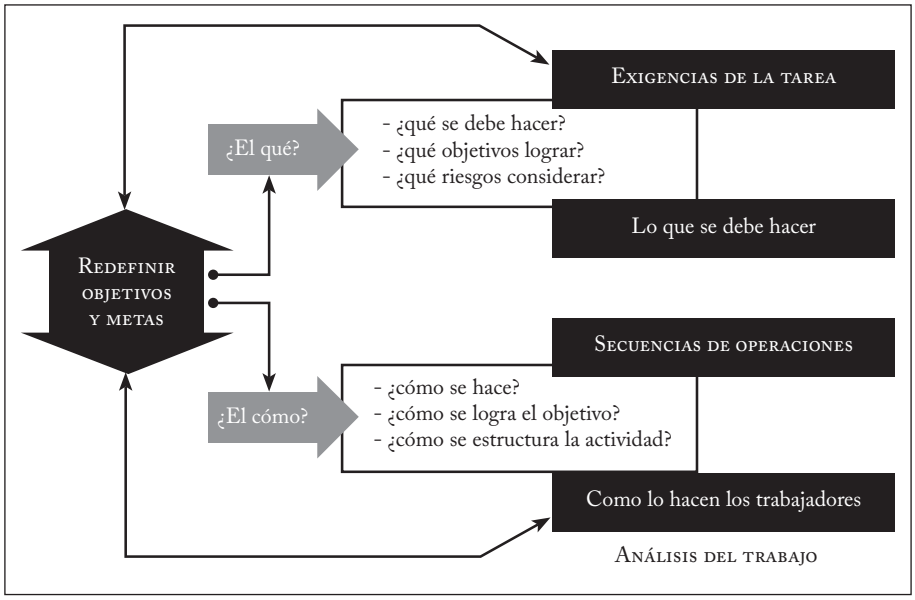
Gráfico 24. Criterios para la descripción inicial de la actividad de trabajo



En segunda instancia se procede a la descripción de las tareas prescritas, a partir de los registros existentes en la unidad analizada (manuales de procedimiento o calidad); cuando no existen estas especificaciones, se pueden obtener a partir de las directivas y a partir de los objetivos establecidos por los directores, supervisores o jefes de la unidad de producción en curso de análisis. En tercer lugar se procede a un primer análisis de actividades reales, es decir que se hace un primer registro de las acciones realizadas por los operarios que actúan en la unidad de producción.

Habitualmente, esta es una descripción básica de comportamientos y se hace sin instrumentos de registro; es importante recordar que no es suficiente para obtener diagnósticos y menos para elaborar conclusiones. En la práctica, esta etapa solo permite obtener (con el uso de listas de chequeo) las características generales de la tarea y los comportamientos, sin integrar las variaciones del sistema de producción y de la actividad del individuo observado. Es un error frecuente en la búsqueda de soluciones a problemas del trabajo el intentar dar respuestas solamente con los datos obtenidos en esta etapa; cuando esto sucede las respuestas solo contribuyen a agravar el problema, o en el mejor de los casos, a ocasionar nuevos problemas para el trabajador y para el proceso productivo.

Gráfico 25. Elementos a considerar en el análisis funcional



En el análisis ergonómico de una actividad, inicialmente se debe considerar el ¿qué? del trabajo, es decir el conjunto exigencias que se le plantean al trabajador, integrando lo específico de la acción solicitada. También se debe analizar el ¿cómo?, esto se hace identificando las secuencias de operaciones que efectivamente utiliza el trabajador. Para lograr una descripción precisa se deben analizar los diferentes ciclos de producción y las diversas situaciones de trabajo que

se deben resolver. Esta primera etapa permite repensar los objetivos y metas de la intervención, es decir, el análisis preliminar permite establecer el objetivo específico de la intervención y el dominio de análisis, bien sea operacional cognitivo u operacional funcional (Castillo, 2006).

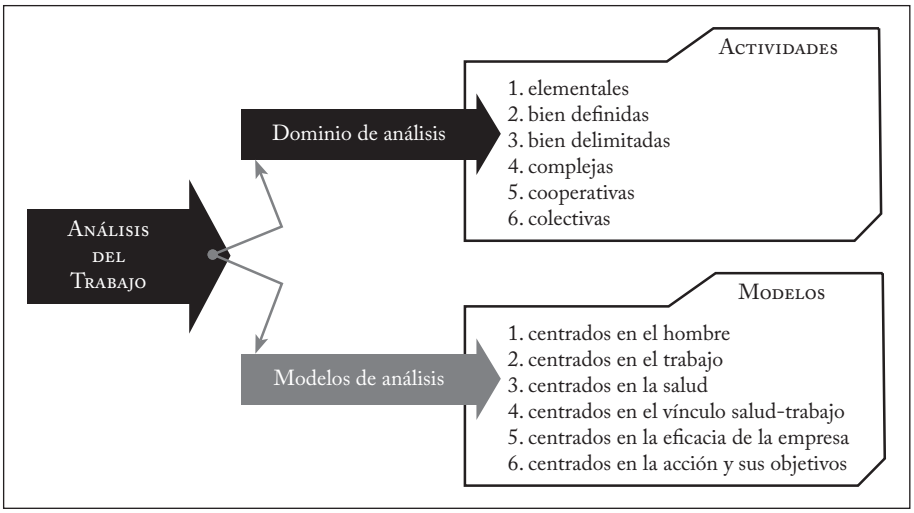
3.3.2. Fase 2: análisis de la estructura operacional

En el desarrollo de esta etapa se busca describir y analizar las formas de uso y de funcionamiento (formal e informal) de los componentes del sistema de trabajo. Se entiende por estructura operacional el conjunto articulado de operaciones que permiten interactuar con los medios (físicos o cognitivos), que se modifican de acuerdo a las situaciones de trabajo y que se transforman en función de estas. Para identificar la estructura operacional que se emplea en la unidad de análisis se adopta una doble perspectiva de análisis: en primer lugar se trata de comprender de manera global el funcionamiento del sistema de trabajo integrado por un trabajador y su tarea. Este acercamiento macro permite comprender la naturaleza de las acciones en función de los objetivos globales de la actividad del trabajador (por ejemplo los referidos a la calidad o a la cantidad, o los que se comparten con el conjunto de trabajadores del sistema productivo).

En segunda instancia se elabora un análisis micro de las interacciones e intervenciones puntuales de ajuste, regulación y control de las variaciones propias del sistema de trabajo en la unidad de análisis seleccionada, se estudia la dimensión cognitiva del trabajo. La complejidad de la actividad cognitiva está vinculada a la complejidad del trabajo y al número de interacciones entre trabajador y sistema, así como a las interacciones entre los trabajadores. Por ejemplo, en el caso de sistemas de producción de servicios se tendrá en consideración la diversidad de solicitudes provenientes de los usuarios.

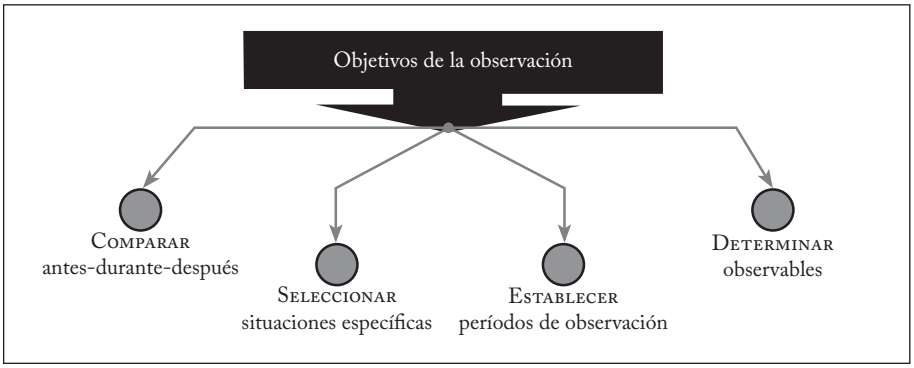
Para el estudio de la estructura operacional de una actividad de trabajo es importante considerar la presencia de diversos dominios de análisis, relacionados con el tipo de actividad estudiada. Para una mejor comprensión de estas actividades también se emplean diversos modelos de referencia que orientan el análisis y que definen en gran medida las técnicas, así como las formas de registro y tratamiento de los datos colectados (Castillo, 2006).

Gráfico 26. Dominios y modelos de análisis de una actividad de trabajo



En esta fase se utilizan observaciones y técnicas de registro instrumentadas, los protocolos de recolección de datos deben estar bien establecidos, y siempre deben considerar que toda actividad de trabajo se estudia vinculada a ciclos de tiempo. La unidad que permite establecer correctamente la naturaleza y complejidad de una acción es el tiempo, ya que todo trabajo se inscribe en una unidad de tiempo para la cual se establecen objetivos y metas bien definidos.

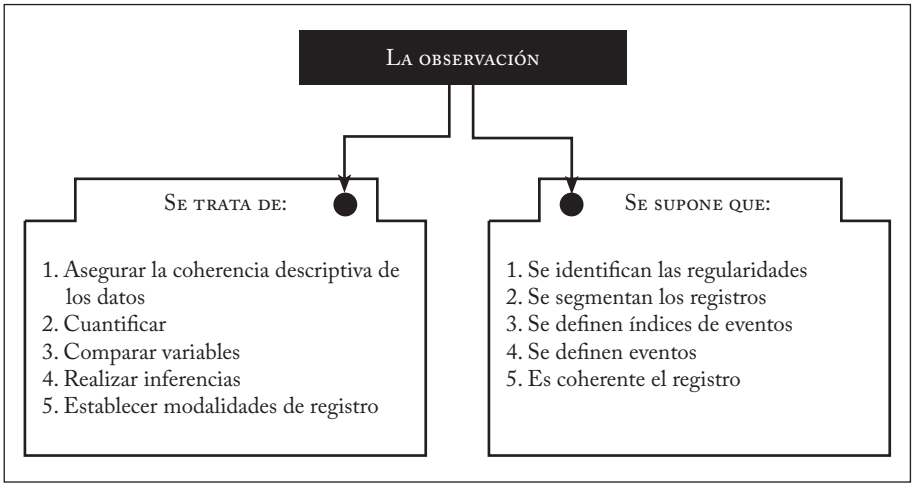
Gráfico 27. Principios a seguir en el desarrollo de la observación de una actividad de trabajo



En los procesos de observación sistemática de una actividad de trabajo se deben evitar las interpretaciones de experto, es decir, todo registro de una intervención del individuo requiere la validación por parte de este. Las inferencias

realizadas por el observador de dicha intervención son de carácter limitado y no pueden ser tomadas como herramienta para la construcción y desarrollo de un diagnóstico, y menos para el desarrollo de soluciones. En este caso es indispensable recordar que la lógica de uso de un objeto, instrumento o sistema está directamente vinculada a los objetivos instantáneos fijados por quien lo usa, esto quiere decir que la naturaleza de la acción desarrollada por el individuo responde a una selección de procedimientos previamente probada o en algunos casos en curso de prueba. Estos procedimientos se utilizan para resolver un problema identificado en el desarrollo de la acción, y por ello requieren la validación de quien los pone en funcionamiento.

Gráfico 28. Componentes de la observación sistemática

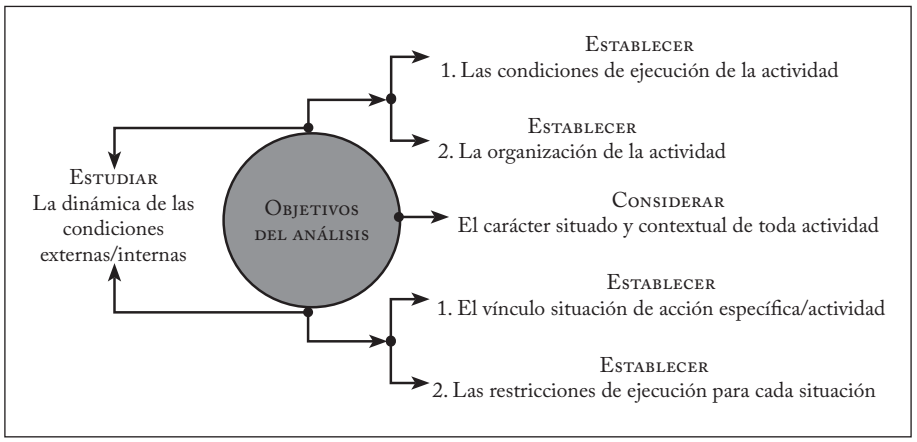


Definir adecuadamente un protocolo de observación redunda en la identificación de los elementos que definen la estructura operacional empleada por los individuos para cumplir los objetivos de su actividad de trabajo. Esto permite relacionar de manera apropiada y precisa los comportamientos con las estrategias y operaciones empleadas, adicionalmente permite al observador asegurar una coherencia entre lo que se ha registrado y los objetivos que el individuo establece para sus acciones.

En resumen, se puede decir que para llevar a cabo el análisis estructural y operacional del sistema de producción se deberá considerar todo el tiempo el carácter situado de la actividad, esto implica que es necesario caracterizar de

manera precisa la situación de trabajo y los regímenes de funcionamiento de los sistemas con los cuales se interactúa. Se deberá recordar que este análisis busca evidenciar la relación entre las condiciones internas (relacionadas con el estado instantáneo del individuo) y externas (relacionadas con el estado instantáneo del sistema) de la actividad estudiada.

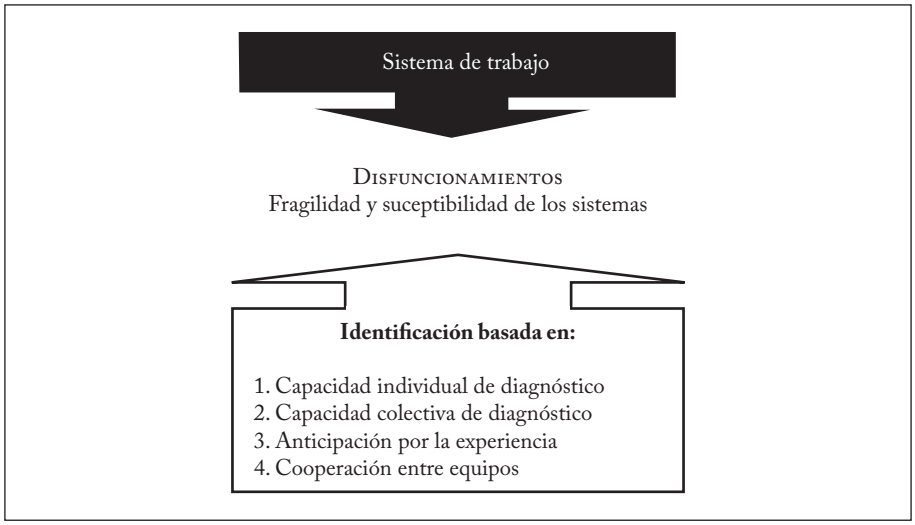
Gráfico 29. Objetivos del análisis estructural y operacional



3.3.3. Identificación de disfuncionamientos

De las nociones que utiliza la ergonomía para el estudio de las actividades de trabajo, la de disfuncionamiento es la más comúnmente utilizada para acceder al conocimiento de la estructura de una actividad. Esta noción permite identificar las formas de intervención del trabajador, así como los conocimientos, procedimientos y procesos asociados a las alteraciones del funcionamiento de los sistemas productivos en el desarrollo de la acción. En el análisis ergonómico de una actividad de trabajo se considera disfuncionamiento toda alteración del funcionamiento técnico o de la operación de un sistema de producción, esta alteración puede tener un carácter temporal (se soluciona en un corto periodo) o crónico (permanece en el tiempo); esto último significa que el sistema operará bajo condiciones restrictivas. Sin embargo, el desarrollo de procedimientos de ajuste o de regulaciones creadas y puestas en funcionamiento por el trabajador permite a este intervenir sobre el disfuncionamiento para obtener el resultado de producción solicitado, o para cumplir las metas especificadas en la tarea.

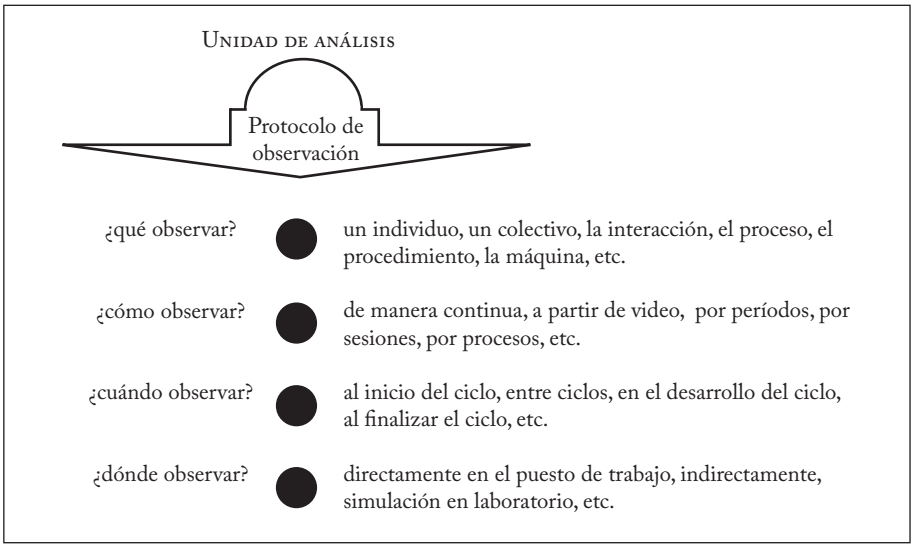
Gráfico 30. Los disfuncionamientos son reveladores de las capacidades colectivas e individuales de control y de gestión de los sistemas técnico productivos



Al registrar y comparar los periodos de observación de las intervenciones efectuadas sobre los dispositivos y de la actividad del individuo, se identificarán al tiempo los disfuncionamientos del sistema. Estos se obtienen al comparar diversos ciclos de producción y de operación (alta, media y baja exigencia). El objetivo es obtener el ciclo de funcionamiento estándar, compararlo con los ciclos de variación funcional y operacional e identificar los eventos producidos. Estos serán registrados por el observador como un árbol de eventos en el cual se precisan sus consecuencias para los trabajadores, en lo operacional (exigencia física, cantidad y complejidad de las intervenciones) y en lo cognitivo (concentración, memorización, complejidad en la toma de decisiones, resolución de problemas).

Para registrar los eventos que alteran el funcionamiento de la actividad y del sistema de trabajo, en primer lugar se procede a identificar los intervalos aceptables de funcionamiento del sistema, luego se identifican e inventarían las alteraciones por problemas de funcionamiento (variaciones de funciones, mantenimiento, recambio de piezas, cambios de materias primas, entre otras) y las que se asocian a restricciones operacionales (procedimientos, reglas de acción, cambios de variables, entre otras). Estos datos se relacionan con los eventos sucedidos en el desarrollo de la tarea.

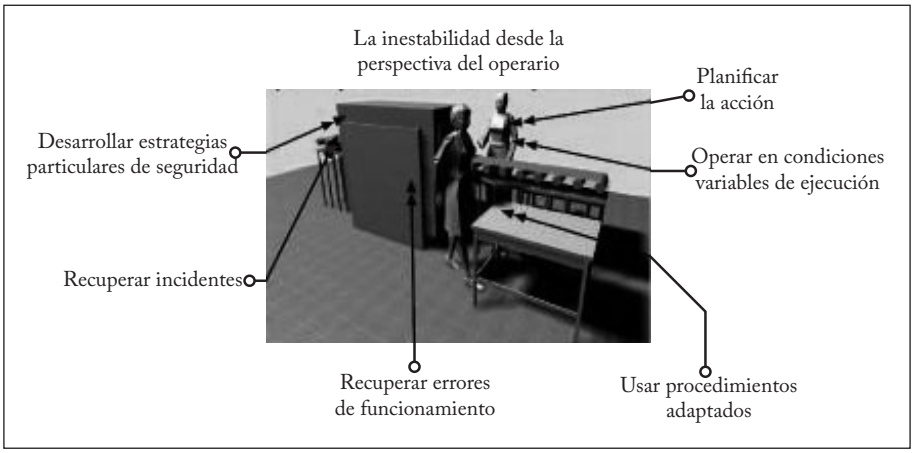
Gráfico 31. Observación y registro de las alteraciones funcionales en el trabajo



También es necesario identificar la naturaleza de los eventos. Aquí se debe guardar precaución: dado que se producen siguiendo patrones azarosos, no son predecibles para un experto; sin embargo, algunos eventos pueden estimarse, pero debe existir un seguimiento preciso de la actividad de trabajo durante varios periodos de tiempo, con el fin de crear categorías y clasificaciones que permitan vincularlos a la acción y de esta manera establecer los principios de solución.

A partir de esta categorización se puede establecer que las alteraciones funcionales y de operación en los sistemas productivos se encuentran asociadas al fenómeno de la inestabilidad, que puede ser organizacional, técnica u operacional (procedimientos no equivalentes a los requerimientos de intervención del individuo, por ejemplo). La inestabilidad puede ser resultado de los disfuncionamientos del sistema y conduce al desarrollo de procedimientos específicos que permitan mantener el control del sistema de producción (Castillo, 2006).

Gráfico 32. La noción de inestabilidad para el trabajador



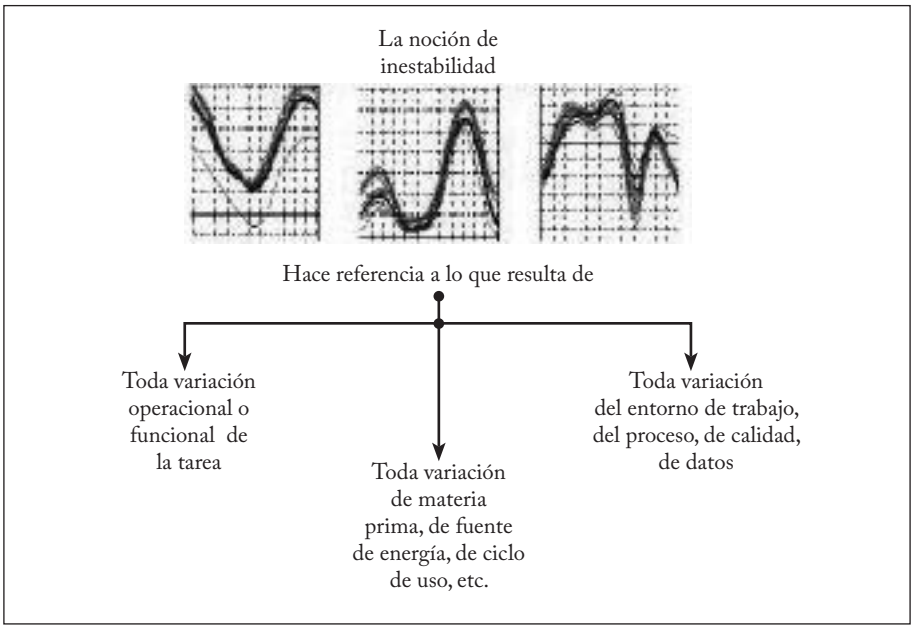
3.3.4. Análisis causal de disfuncionamientos

En el análisis de las diversos orígenes de los disfuncionamientos se encuentra que algunos de ellos pueden tener un origen puramente técnico-funcional, pero otros pueden estar relacionados a problemas organizacionales, a la estructura de las decisiones, o inclusive a problemas de selección de productos, materias primas y suministros. De otro lado, los disfuncionamientos en la estructura operacional pueden estar vinculados a problemas de entrenamiento de los trabajadores o a dificultades de comprensión e interpretación de instrucciones, también pueden vincularse a problemas de razonamiento o deberse a dificultades para resolver problemas, entre muchos otros factores.

Cuando se realiza el análisis e identificación de los disfuncionamientos y sus precursores, el objetivo que se persigue es desarrollar una matriz donde se puedan identificar los puntos débiles del sistema de trabajo. Esta matriz hará referencia de manera general a la estructura técnico funcional, a la estructura operacional y a los aspectos específicos del tipo de la organización en la cual se desarrolla la actividad de trabajo.

Al realizar el análisis se debe tener la precaución, al momento de identificar los puntos débiles, de asociarlos correctamente a cada uno de los componentes del sistema de trabajo, ya que si se presentan errores de atribución pueden conducir al desarrollo de soluciones contraproducentes para algunos de los componentes. Se debe recordar que el objetivo es tener una visión completa y compleja del sistema de producción.

Gráfico 33. La noción de inestabilidad para el sistema de trabajo



De lo anotado se concluye que toda intervención de la ergonomía en una situación de trabajo deberá elaborarse con base en una estructura multifactorial. Esta estructura deberá integrar los criterios de eficiencia en los sistemas de producción, ya que toda intervención ergonómica se desarrolla para mejorar la productividad, así como la eficiencia de los trabajadores (lo cual incluye la conservación de la salud y la seguridad) y del sistema de trabajo. Desde la perspectiva de la intervención ergonómica se precisan estos conceptos:

a. *La noción de eficiencia:* se utiliza para determinar la relación que existe entre la cantidad de recursos utilizados y los recursos que inicialmente se estimaron necesarios. Esta noción también se utiliza para designar el grado de aprovechamiento de los recursos utilizados en la fabricación de productos. En la eficiencia se mide la optimización de recursos como: mano de obra, maquinaria, medios logísticos, métodos (número de operaciones realizadas) y materiales, entre otros.
b. *La noción de eficacia:* se utiliza para determinar las propiedades de los resultados obtenidos, es decir, los indicadores de calidad (calidad

propiamente dicha, calidad en la seguridad, etc.). La eficacia mide y expresa los resultados de las acciones y determina el grado en el que se alcanzaron los objetivos preestablecidos.

c. *La noción de efectividad:* generalmente se utiliza para determinar la equivalencia entre las expectativas de los clientes y los resultados del proceso. En la efectividad se mide el grado de flexibilidad o de adaptabilidad a las exigencias externas e internas de un sistema productivo. La eficacia mide el rendimiento, la productividad, la adaptación, la cobertura y la competitividad del sistema de producción en su conjunto.

Es importante subrayar que en el desarrollo de una intervención ergonómica se integra este conjunto de las nociones al análisis de un sistema de producción; y como se ha mencionado, para llevar a cabo este proceso es necesario definir una unidad de análisis dentro de un sistema de producción.

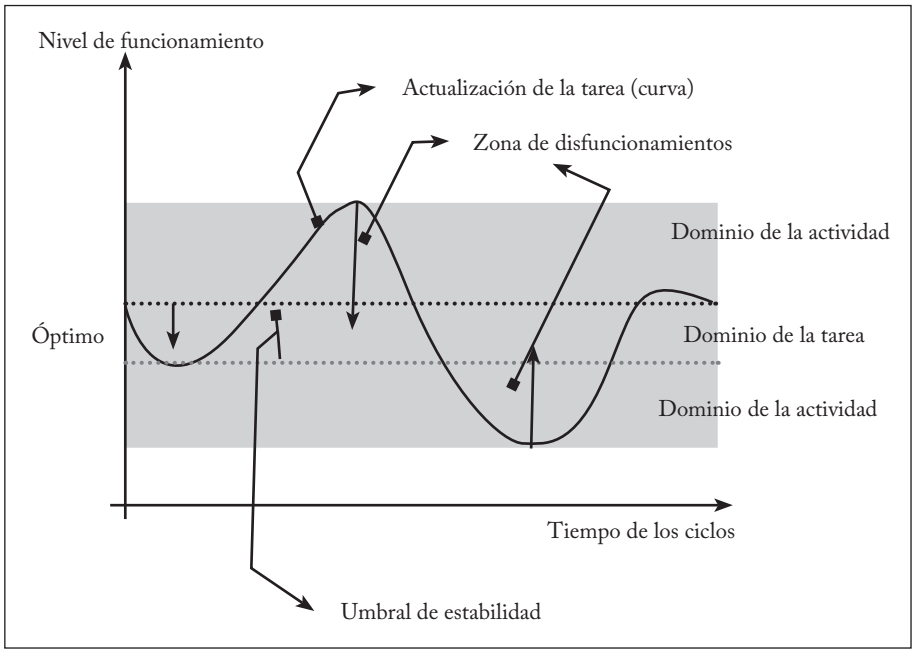
Finalmente, para el correcto análisis de una actividad de trabajo se debe realizar el de la tarea. El analista deberá tomar en consideración las características de la tarea y sus implicaciones. A continuación se enuncian las principales características de una tarea y después se ilustra el análisis a través de un ejemplo.

3.3.5. La tarea dentro de una unidad de análisis

La tarea es una noción que se encuentra predefinida para la actividad de un operario, puede ser caracterizada como el conjunto de:

- Objetivos que el operario debe alcanzar. Estos se determinan para una unidad de tiempo y en unas condiciones de calidad y seguridad especificadas en un estándar.
- Los medios puestos a disposición para alcanzarlos, es decir, las herramientas, útiles, materias primas, recursos organizacionales que posibilitan el cumplimiento de los objetivos.
- Las consignas, reglas y procedimientos a respetar, esto es: las instrucciones que establecen los límites admisibles y lo que es posible o no hacer en el desarrollo de la tarea.

Gráfico 34. Variables de análisis de la tarea



Se puede entonces decir que la tarea se constituye del conjunto de objetivos —a veces prescritos en la forma de normas de calidad o cantidad— a alcanzar en unas condiciones físicas predeterminadas y en periodos de tiempo preestablecidos. Incluye los procedimientos que es posible utilizar o a partir de los cuales es necesario desarrollar la acción individual, y también considera los medios técnicos puestos a disposición del operario. Se debe tener en cuenta que estos elementos son suministrados por la jerarquía de manera formal.

La tarea esperada es el conjunto de metas, los procedimientos y medios complementarios que no dan lugar a consignas formales pero que no pueden ser ignorados por el operario, en otras palabras, lo que se considera "normal" que el operario haga para realizar correctamente su trabajo. Esta se denomina tarea actualizada ya que se ajusta a las variaciones, disfuncionamientos y desvíos de funcionamiento del sistema de trabajo. En el análisis de la tarea dos aspectos deben ser examinados: sus características y las condiciones en las cuales es realizada.

3.3.6. Las características de la tarea

Son el conjunto de elementos que definen la integración del sistema socio–técnico, y están constituidos por:

a) Objetivos de la tarea:
   - En función del entorno de trabajo en el cual la tarea está inserta.
   - Consignas y documentos que la describen.
   - Interferencias entre el puesto y otros puestos del entorno de trabajo.

b) Recursos disponibles:
   - Puesto de trabajo —máquinas—, tipo, particularidades técnicas.
   - Dispositivos y herramientas de ayuda.
   - Informaciones utilizadas.

c) Utilización de los recursos disponibles:
   - Condiciones de calidad, plazos.

d) Repartición de tareas entre las personas y en el tiempo.

3.3.7. Las condiciones de realización de la tarea

- Principales causas de variación de la tarea (factores propios de los operarios y factores externos).
- Particularidades locales reglamentarias.
- Momentos en los que es más fuerte la exigencia temporal.
- Factores de interrupción de la tarea.
- Dependencias interpersonales y grupales.
- Conflictos potenciales entre múltiples objetivos momentáneos.
- Incoherencias organizacionales —fronteras de acción mal definidas—.
- Incoherencias en la información.

A continuación se presenta un ejemplo de un análisis descriptivo realizado a partir de la tarea, que permite ver cómo son presentados los elementos descritos. En este caso se trata de la actividad elaborada por un operario en una industria mediana de panadería.

3.3.7.1. Análisis de la actividad de un operario de panadería[2]

En este caso la descripción de la tarea se realiza respondiendo a las preguntas planteadas para cada uno de los ítems.

a. Qué hace

El objetivo de la tarea es hacer pan de buena calidad que cumpla con los estándares establecidos por la empresa en la que se desempeña. Las tareas del operario básicamente son amasar, moldear y porcionar; sin embargo, en algunas situaciones está en capacidad de realizar más tareas, de acuerdo a los requerimientos de la empresa. Las características finales y las exigencias de calidad están dadas por la cantidad de ingredientes utilizados en la realización del producto, que evidencian su tamaño, forma, sabor y color.

b. Cuándo lo hace

La jornada laboral diaria es de aproximadamente nueve horas, sin embargo hay días en los que puede durar un poco menos (domingos y festivos), y hay otros días en los que puede durar un poco más. El operario es el único panadero en la sucursal estudiada, por lo que su trabajo es llevado a cabo los siete días de la semana por él, y no hay turnos que le permitan relevarse con otro operario. A pesar de que en su trabajo cuenta con cierto nivel de autonomía, le indican lo que debe preparar y al final del día debe realizar un inventario con el fin de dejar un registro de la labor realizada en la jornada y de la cantidad de ingredientes utilizados y productos terminados. A pesar de la experiencia y los conocimientos que posee el operario, no es posible que desarrolle nuevas metodologías para llevar a cabo los productos, ya que a él le entregan una fórmula que debe ser cumplida con el fin de que los productos en todas las sucursales sean idénticos en sabor y calidad.

c. Con qué lo hace

Dentro de la maquinaria que necesita el operario para cumplir con el fin último de hacer pan se encuentra el horno, el cual permite definir la

[2] Análisis desarrollado por Ana M. Guzmán S. y Laura H. Rodríguez, estudiantes de la cátedra Ergonomía. Universidad del Rosario, Bogotá, 2007.

acción principal de hacer pan (horneo), pues determina todas las acciones realizadas anteriormente (amasar, moldar y porcionar). La materia prima que es utilizada consiste en harina, queso, sal, azúcar, almidón de yuca, mantequilla y levadura.

Durante su periodo de trabajo el operario debe utilizar implementos como: gorro, tapaboca, pantalón esterilizado y bata, que formen una barrera entre él y la materia prima con el fin de evitar contactos de bacterias y pelos, entre otros, que hagan de mala calidad el producto final. En cuanto a los medios de comunicación utilizados, son todos comandos verbales, con algún grado se señalización en su planta física. Por último, el operario debe cumplir con una programación que es comunicada por un coordinador, en ella viene definida la cantidad de ingredientes que debe utilizar y la cantidad de producto final a elaborar.

d. Cómo lo hace

El operario, en primera medida, debe hacer limpieza de su puesto de trabajo, despejándolo de desechos y objetos que obstruyan la realización de sus tareas; seguido a esto toma la porción de materia prima que se requiere, teniendo cuidado de utilizar la cantidad correcta y exigida para hacer el pan; al tener ya listos todos los ingredientes se dispone a mezclarlos, amasarlos y porcionarlos para finalmente llevarlos al horno y esperar que el producto llegue a su punto.

e. Dónde lo hace

El lugar de trabajo donde se encuentra el operario es un espacio grande, con las paredes y el piso cubiertos con baldosa con el fin de facilitar la limpieza. En el mismo lugar se encuentra el cuarto donde se almacenan los ingredientes y diferentes productos que vende la panadería; así mismo se encuentran el horno, la nevera, diferentes contenedores con ingredientes y finalmente el sanitario. Es un sitio con muy buena iluminación, y en la parte anterior cuenta con un vidrio grande que deja ver todo el local y permite la entrada de luz, sin embargo cuenta también con iluminación eléctrica. En cuanto al ruido, está en un nivel que no impide la comunicación entre los individuos y que no requiere por parte del trabajador ningún tipo de protección. El espa-

cio de circulación está despejado, ya que a pesar de que hay diferentes contenedores, todos se encuentran en lugares específicos para que no interrumpan la circulación del operario a lo largo de su área de trabajo; de igual forma es un lugar de fácil acceso que favorece los desplazamientos que el individuo debe realizar. En cuanto a los espacios de almacenamiento, el operario cuenta con una nevera donde guarda los quesos y la masa que le sobra una vez termina la bandeja con producto. Cuenta también con un tipo de horno que no prepara ni calienta la masa pero sí permite que el operario precaliente las bandejas antes de introducirlas al horno. Los contenedores donde están los ingredientes son canecas grandes de plástico o recipientes plásticos reutilizados que se encuentran en una repisa o debajo de la mesa de trabajo, para facilitar el acceso a ellos.

f. Quién lo hace

Este trabajo lo realiza un hombre de cuarenta y cuatro años, que tiene más de diez años de experiencia laboral en el área de panadería, ya que se ha desempeñado en otros lugares. A pesar de sus años de experiencia, fue necesario que recibiera por quince días una capacitación en el lugar donde se desempeña actualmente con el fin de aprender la metodología del lugar y la manera como debe llevar a cabo su labor. Es un hombre que se encuentra en buenas condiciones físicas, que puede soportar su jornada de trabajo, una jornada que requiere de gran esfuerzo debido a que se debe realizar la labor de pie. Es importante recalcar que debido a la utilización constante de las manos y al esfuerzo que requiere la realización de su tarea, el operario ha empezado a sentir molestias en el túnel del carpo; sin embargo, estas aún no han comprometido el buen desempeño del operario en su puesto de trabajo.

Esta descripción preliminar de la tarea permite comprender cómo llevar a cabo el análisis de una actividad de trabajo de baja complejidad, y permite poner de relieve el rol central del operario, al tiempo que pone en relación los diversos factores que determinan la situación de trabajo y la actividad del trabajador. La descripción deberá acompañarse de datos cuantitativos de cada uno de los elementos identificados, y requerirá un análisis más detallado en términos de

alteraciones funcionales y de estabilidad operacional del proceso, para cada uno de los ciclos del proceso de fabricación del pan. Esto se logra al comparar al menos tres periodos de observación y registro diferentes, que posibilitan la identificación de los cambios usuales en el desarrollo de la tarea.

4. Intervenciones ergonómicas en el mundo del trabajo

En el siguiente apartado se presentan cuatro casos que muestran una elaboración más detallada y precisa de la intervención ergonómica. El objetivo de estos casos es mostrar cómo se va desarrollando cada uno de los elementos propuestos en el modelo de intervención; en ellos se presentan los elementos identificados y se lleva acabo su análisis. Se debe recordar que estas intervenciones se han orientado a la identificación de principios que permitan modificar las situaciones de trabajo.

El lector podrá identificar para cada caso las particularidades que han guiado el análisis, y también podrá establecer cómo han sido operacionalizados para establecer los puntos críticos en los aspectos funcional y operativo. A lo largo de los análisis se toma en consideración los conceptos de estabilidad, de tarea y de actividad. También se ha hecho énfasis en la identificación de las alteraciones funcionales y operacionales.

4.1. Caso I. Intervención ergonómica desde la perspectiva del estudio de la tarea

A continuación se presenta el análisis de una tarea desde la perspectiva ergonómica de la actividad. La unidad de análisis seleccionada corresponde a una tarea de empacado dentro de una línea de producción continua. En el ejemplo se presentan cada uno de los elementos de la tarea para tres operarios que desarrollan su actividad de forma cooperativa.

Objetivos de la tarea a partir de las especificaciones de la unidad de ingeniería de procesos y de los objetivos de los trabajadores:

- Asegurar el funcionamiento operativo de los equipos de empacado.
- Mantener un flujo continuo de producto en las unidades de envoltura.
- Disponer el producto acabado en las cajas de embalaje.
- Organizar los embalajes en unidades de despacho.

- Realizar operaciones especiales de empacado (acomodación, marcado, dosificación).

Los medios con los cuales los operarios cuentan para alcanzar los objetivos son:

- Sillas que les permiten mantener una posición de trabajo.
- Mesas auxiliares para organizar la disposición del producto.
- Canastillas de almacenamiento intermedio del producto.
- Mesas principales para realizar las operaciones de empacado.
- Guías de organización del producto (tipos de productos).
- Especificaciones del cliente.
- Especificaciones de empaque.
- Especificaciones del producto a empacar.

Las consignas que los operarios deben respetar para mantener los estándares de calidad son:

- Asegurar un flujo continuo del proceso de producción.
- Establecer un ritmo de empacado acorde a la velocidad de producción de la máquina.
- Reducir al mínimo aceptable los tiempos de empacado.
- Cooperar con sus compañeros para lograr los objetivos de producción.
- Realizar las diversas tareas que requiere el proceso (empacar, alimentar, estibar, preparar empaques, etiquetar, sellar, etc.).
- Asegurar las tareas de control continuo de calidad del producto.
- Verificar el estado del producto y las exigencias del cliente.

Los recursos que han sido dispuestos para el desarrollo de la tarea para los operarios son:

- Sillas de altura ajustable, con espaldar alto.
- Sillas de altura autorregulable, con espaldar alto.

- Mesas de empacado de altura fija de 92 cm en promedio.
- Mesas auxiliares de altura fija de 62 cm en promedio.
- Sillas de altura fija sin espaldar.
- Sillas plásticas convencionales.
- Máquinas manuales de sellado de plástico.
- Mesa de empacado especial, adaptada a las unidades de envoltura con postura de trabajo sentado y alcances horizontales de trabajo estandarizados.

Las condiciones de realización de las tareas se evidencian a partir de la identificación de las variaciones propias de su ejecución.

4.1.2. Principales causas de variación de la tarea

Las tareas de alimentación que efectúan los operarios a las bandas de empacado y de empaque de producto cambian en función de dos variables:

- *Las características del producto*. Ya que en función de las cualidades de forma, tamaño y composición, las acciones y repeticiones de movimientos pueden cambiar; el tamaño, por ejemplo, influye en las características de las cajas de empaque. Las características definen el número de productos que el trabajador toma en la mano y el número de repeticiones que debe efectuar.
- *La velocidad de la máquina*, ya que esta define el número de trabajadores en línea y la velocidad de procesamiento requerida, así como el compromiso postural y de movimientos repetidos que los trabajadores deben efectuar.

Respecto a los operarios, los aspectos que influyen en la variación de la tarea son:

- *Las características antropométricas de los operarios*, que definen los alcances, la postura de trabajo a adoptar y el uso o no de suplementos de sillas.

- *La experiencia del trabajador en la tarea*, ya que un aprendizaje de los movimientos requeridos para el empacado y la alimentación hace que la postura de trabajo sea más eficiente, lo que permite reducir la fatiga y mejorar las condiciones de productividad.

En un proceso de observación sistemática se identifican los ciclos de producción en los que es más fuerte la exigencia temporal en la realización de la tarea. Estos momentos se presentan cuando hay interrupciones por desperfectos o desajustes en las máquinas, que hacen que la velocidad de alimentación de producto o de empaque sea más exigente para los operarios debido a la necesidad de cumplir con las metas de producción.

- En productos de tamaño pequeño, cuando se presentan problemas de formación de cajas.
- En líneas de producción de otras referencias, cuando se presentan problemas de empacado o troquelado.
- Cuando la organización decide producir promociones, los operarios deben formar combinaciones que requieren múltiples operaciones de alistamiento, organización y empacado en bolsas.

De este mismo análisis se desprende el conjunto de elementos que se encuentran vinculados a la interrupción de la tarea:

- La fatiga asociada a la ejecución de movimientos repetidos, ya que no existe la posibilidad de cambiar de postura debido a la exigencia de continuidad de la operación para mantener en funcionamiento la máquina.
- Las dificultades de empacado por cambios en las especificaciones de las cajas. Según el cliente se debe empacar en grupos de seis o cinco unidades de producto con el objetivo de formar filas y columnas en cajas.
- En alimentación de bandas en máquinas de empacado, porque se deben hacer cambios de planos de trabajo y de columnas de estibado de canastillas.

Las principales relaciones interpersonales y grupales en el desarrollo de la tarea se asocian en general a las exigencias de continuidad temporal de las operaciones, estas tareas requieren un buen proceso de coordinación entre operarios con una correcta y precisa definición de funciones. Los operarios que realizan las tareas de empacado deben asegurar un ritmo homogéneo de trabajo para mantener la línea de salida de productos fluida y evitar las aglomeraciones de producto en la zona de empacado.

Estas interdependencias plantean una serie de conflictos potenciales entre los múltiples objetivos momentáneos que surgen en el desarrollo de las tareas en línea de producción. Inicialmente se observa una alta interdependencia entre tareas, lo cual significa que un fallo en una de ellas inmediatamente repercute en el desarrollo de las otras. Por ejemplo, la falta de cajas prearmadas entra en conflicto con la tarea de empacado, causa aglomeración de producto en la banda y en la mesa y puede ocasionar que la máquina se detenga.

Así, los operarios deben mantener una sincronía de movimientos y de ejecución de tareas, de tal suerte que el ritmo de producción sea sostenido y no produzca sobre-esfuerzos en la realización de movimientos repetidos. Uno de los aspectos más importantes mencionados por los por los operarios es que están obligados mantener durante un periodo de tiempo prolongado la postura de trabajo.

Estos conflictos ponen en evidencia ciertas incoherencias organizacionales, principalmente relacionadas con unas fronteras de acción mal definidas. De un lado, se encuentra la exigencia de mantener posturas estáticas por periodos de tiempo prolongados; de otro lado, el diseño de los procesos hace que los trabajadores deban realizar cambios de planos de trabajo y movimientos repetidos en continuo.

A pesar de existir una estrategia de rotación de puestos, algunas tareas implican que ciertos operarios, por problemas de ajuste dimensional, no las puedan realizar en posición sedente o no puedan ejecutar las rotaciones establecidas, lo cual obliga a mantener operarios por periodos de tiempo más prolongados en un mismo puesto de trabajo.

4.1.3. El análisis de la tarea

El aspecto más relevante en el análisis de esta tarea es que pone en evidencia los problemas de desajuste dimensional entre las alturas de las máquinas, las

bandas de alimentación y las mesas de trabajo. Tales problemas demandan el uso de sillas de trabajo que impiden trabajar en posición estable, y al tiempo impiden el uso de apoyos para los pies u obligan a trabajar de pie de manera permanente.

Como se puede apreciar a través de este ejemplo, un análisis de la tarea en el cual se evidencie la naturaleza de cada uno de los aspectos que la determinan y la componen, permite encontrar el origen de ciertos problemas e identificar las posibles vías de solución. Sin embargo, es necesario sumar a estas consideraciones los análisis que permitan identificar los aspectos relativos a la organización de trabajo.

Gráfico 35. Simulación de distribución de espacios de trabajo, de acuerdo con el análisis elaborado



Las incoherencias organizacionales —fronteras de acción mal definidas— identificadas con el análisis de la tarea muestran que existe una exigencia alta en cuanto a mantener posturas estáticas por periodos de tiempo prolongados; el diseño de los procesos hace que los trabajadores deban realizar cambios de planos de trabajo y movimientos repetidos en continuo.

4.1.4. Conclusión

A modo de conclusión se puede establecer que a diferencia del análisis de la tarea, el estudio de la organización de un sistema de producción desde la perspectiva ergonómica se orienta hacia la comprensión de los diferentes aspectos del diseño de la organización que pueden influir positiva o negativamente en

el desarrollo de una actividad. El análisis se orienta a la búsqueda de las relaciones, comunicaciones e interacciones entre los diversos componentes de la organización como vía de la construcción de conocimientos. El estudio de la organización puede tener diversos enfoques; así, desde el punto de vista de la concepción de la organización se pueden identificar:

a) La organización de la producción. Se refiere al orden, planificación y control de la producción; el interés de la ergonomía se centra en reconocer:
   - Objetivos y plazos fijados.
   - Organización del proceso.
   - Principios de control de la calidad.

b) La organización temporal, que se refiere a la duración del trabajo, su distribución por jornadas, días, semanas, etc.; el interés de la ergonomía se concentra en:
   - Horarios y fluctuaciones de la producción.
   - Descansos compensatorios y rotaciones.
   - Organización temporal y condiciones de seguridad.

c) La organización del trabajo en sí. Para los intereses de la ergonomía se refiere, por una parte, al conjunto de prescripciones redactadas por la empresa, que incluye las tareas, rol del trabajador, funciones o misiones; y por otra parte al conjunto de factores que definen la división del trabajo, estos son:
   - Reglas y procedimientos. Instrucciones, gestos a efectuar, plazos a respetar, herramientas, instrucciones y normas en el plano técnico, así como en materia de calidad y seguridad.
   - División técnica del trabajo. Se refiere al contenido de la tarea, se fundamenta en el concepto de puesto de trabajo, que define un espacio y unas tareas a realizar.
   - División jerárquica del trabajo. Se refiere a los diferentes niveles de atribución de decisiones.

Como se puede apreciar, estos elementos de la organización permiten el estudio de las características de la tarea, de su organización y de las relaciones de dependencia, con el objetivo de precisar las relaciones que colectivamente se tejen para responder a estas exigencias, la utilidad y uso de la comunicación y la formación de grupos en función de esas relaciones.

4.2. Caso II. Intervención ergonómica desde la perspectiva del curso de la acción

4.2.1. Introducción

Para comprender mejor las formas de análisis e intervención de la ergonomía en los sistemas de producción, a continuación se presenta un estudio ergonómico desarrollado en un cultivo de flores. El estudio utiliza como principio metodológico de intervención el curso de la acción; en este caso se presentan los principios teóricos y luego se ilustra su aplicación. Esta intervención está orientada a encontrar los principios para el desarrollo de un diseño adaptado a las condiciones de trabajo.

La intervención se ha desarrollado desde la perspectiva del análisis situado de la acción. En consecuencia, este acercamiento combina los conceptos de acción situada (Suchman, 1987) y de actividad (Leontiev, 1975), incorporados al modelo de estudio semiológico de la actividad (Theureau, 2002a) en una perspectiva de análisis intrínseco de las actividades de control de procesos.

El modelo de análisis del curso de la acción se considera bien adaptado para identificar las estructuras significativas de la acción, pues permite caracterizar los medios y estrategias, así como los recursos empleados y puestos en operación comúnmente por los trabajadores para obtener los resultados en el marco de su acción productiva.

Este tipo de análisis ha puesto en evidencia el rol determinante de las prácticas de gestión de disfuncionamientos (regulación, anticipación, previsión) en la estructura de una actividad. Se comprueba así la complejidad de dichas estructuras de acción y se destaca la dificultad para integrarlas al desarrollo de soluciones ergonómicas.

4.2.2. Principios metodológicos empleados en la intervención ergonómica

Para el desarrollo de esta intervención se recurre al marco metodológico denominado "ciclo de la acción",[3] que se ha desarrollado esencialmente en el estudio de situaciones informatizadas y automatizadas (tareas asistidas por medios informáticos). Sin embargo, este modelo ha mostrado su utilidad en situaciones diversas, por ejemplo en la conducción de automóviles y en la educación. También ha sido usado en trabajos aplicados de tesis de maestría y doctorado en ergonomía.

En su estructura, el curso de la acción parte de los planteamientos hechos por el Human Problem Solving (Simon, 1969), el cual establece que el estudio de un sistema de actividad humana se puede efectuar a partir de tres dimensiones de variación (*three dimensions of variation*): la de la tarea, la de las diferencias individuales (culturales) y la de la escala de tiempo de los "actos de comportamiento" (*behavorial acts*): desempeño/aprendizaje/desarrollo. El objetivo de integrar esta triple perspectiva es obtener una adecuada y detallada representación de un sujeto que trabaja en una tarea particular. El curso de la acción es una teoría dinámica, es empírica y no experimental, tiene un carácter no estadístico. Específicamente es una teoría que "describe el transcurso temporal de un comportamiento, caracterizando cada nuevo acto en una función del estado inmediatamente precedente del organismo y de su entorno" (Theureau, 2002a).

4.2.3. Ámbitos para la descripción de una actividad

De acuerdo con Theureau, la descripción de una actividad implica la integración de los componentes de una acción en términos de *estructura*[4] (la cual es susceptible de una descripción operacional con los componentes), y en términos de *dominio cognitivo o de conexión estructural*[5] (conocimientos - entorno), estos últimos accesibles a una descripción simbólica. Así, a "cada dominio de estructura corresponde un proceso que conduce a un dominio cognitivo, con

[3] J. Theureau, *El ciclo de la acción*. CNRS/UT, Universite de Compiègne, France.

[4] Se entienden por dominio estructural las interacciones entre el sistema nervioso y el conjunto funcional del actor.

[5] Se entiende como el conjunto de interacciones asimétricas entre el actor y su entorno.

una retroacción continua que permite el ajuste o equivalencia de los dominios" (Theureau, 2002a).

A estos dominios el curso de la acción adiciona el *dominio de la experiencia*, es decir, lo que interesa en este proceso es: "comprender el proceso de construcción de esta experiencia a cada instante, lo que plantea una preocupación por comprender la articulación entre este dominio y el dominio cognitivo" (Theureau, 2002a). Esto conduce a definir los niveles que componen el sistema actor - entorno y no solamente el actor, este acercamiento trata de eliminar toda separación entre mente (*mind*) y cuerpo (*body*) (Theureau, 2002a). Así, el ciclo de la acción comprende el vínculo entre el dominio de la experiencia y el dominio cognitivo.

Al estudiar una actividad de trabajo se busca estructurar el ciclo de la acción a partir de la observación del actor en un estado determinado (definido). Este estudio debe integrar activamente el entorno físico y social, teniendo en cuenta que este último pertenece a una cultura determinada. En síntesis, el ciclo de la acción es "lo que es significativo para ese actor, es pre-reflexivo,[6] es decir es posible para el actor mostrar, indicar, narrar y comentar en todo instante el desarrollo de su actividad a un observador o interlocutor" (Theureau, 2002a).

La integración del *ciclo de la experiencia* (es decir la organización intrínseca del ciclo de acción), significa integrar en el estudio al actor y las relaciones que este mantiene con "las particularidades pertinentes de la actividad que es observable (llamadas extrínsecas) de la situación en la cual se desempeña. (Incluyendo los otros actores que la comparten.) Estas particularidades se derivan de una interpretación de los datos que les conciernen, según el predominio de lo intrínseco. Esta descripción del ciclo de la acción puede documentarse en situación natural de trabajo o más generalmente en la práctica cotidiana" (Theureau, 2002b).

De esta manera, el dispositivo metodológico desarrollado busca afectar en lo mínimo el desarrollo natural de una actividad, para ello trata de encontrar las condiciones más favorables a la observación y al intercambio verbal con el actor. El objetivo central de este dispositivo metodológico es "vincular de manera precisa las características de las actividades con las situaciones estudiadas". Esto se logra con observaciones y con el registro continuo del comportamiento de

[6] Lo que precede a la reflexión o al conocimiento. Sartre llama pre-reflexiva o no-tética a la forma de conciencia que acompaña a todo conocimiento de objeto sin estar explícitamente tematizado.

los actores, y con verbalizaciones (pensar en voz alta) provocadas de los actores en actividad (Theureau, 2002).

El uso de la técnica de la verbalización depende de la naturaleza de la acción, de esta manera pueden utilizarse:

- Verbalizaciones en auto-confrontación (a partir de las grabaciones de sus comportamientos);
- verbalizaciones simultaneas (paralelas al desarrollo de la acción);
- verbalizaciones de interrupción (en momentos precisos de la actividad);
- verbalizaciones en entrevistas de explicitación.

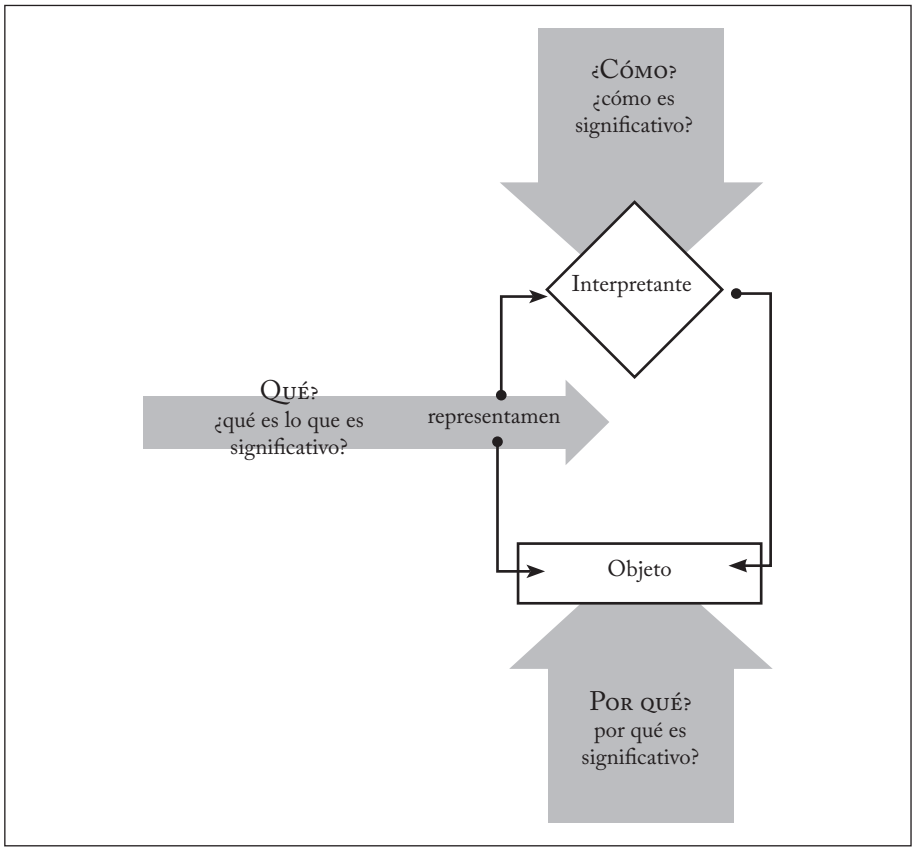
Es importante señalar que este modelo de análisis de la actividad de trabajo se enfoca en el predominio de lo intrínseco (que hace énfasis en el estado del actor, de su situación y de su cultura); esto se debe considerar como un principio de análisis. En el desarrollo de una intervención, el observador debe considerar cuidadosamente la situación de análisis: "la relación en el espacio de trabajo entre actor(es) que no solamente opera(n) sino que también posee(n) un punto de vista sobre su propia actividad y puede(n) expresar este punto de vista. Y un observador (que no sólo observa) sino que puede preguntar y es capaz, en cierta medida, de empatía". El problema para el analista de la actividad se manifiesta como la posibilidad de poseer nociones teóricas, principios y métodos que le permitan describir y vincular los aspectos individuales y los aspectos de la actividad desde afuera, es decir, guardar la capacidad de mantener una doble perspectiva de la actividad desde su coherencia interna y desde su apreciación externa.

4.2.3.1. La actividad como signo

Para una mejor comprensión de este concepto, retomamos a continuación ampliamente los principios teóricos desarrollados por Theureau (2002), esto en razón de que la noción de signo tutela el análisis de la actividad. La noción de signo describe el proceso de construcción de una unidad de "ciclo de la acción" o de "ciclo de experiencia", unidad que puede ser más o menos amplia, previendo que sea significativa para el actor. Sin embargo, entre más elemental sea esta

unidad, más será fecunda su descripción en términos heurísticos, claro está, si al menos reposa sobre datos suficientes. Ver esquema:

Gráfico 36. Modelo de la significación por la acción



De acuerdo a los principios metodológicos desarrollados por Pinsky y Theureau (1987), los elementos que estructuran el ciclo de acción, que serán objeto de identificación y análisis, recordando que estos se encuentran a diversos niveles de interacción, son:

- [C]: *Compromiso en la situación*. Equivale a la idea de equilibrio global en las interacciones que se producen entre el actor y la situación en un momento dado. Este compromiso refleja de alguna manera las acciones pasadas, ya que estas son reconstruidas a partir de las situaciones experimentadas previamente.

- [A]: *Conocimiento de la situación*. Se refiere a lo que espera el actor que se produzca durante la ejecución y desarrollo de su actividad. Esta actividad hace referencia a una situación dinámica en un momento dado.
- [S]: *Referencial*. Constituido por los elementos estables, los cuales son construidos por el actor. Estos hacen parte de la cultura del actor, también se pueden activar de acuerdo a las características de compromiso y de conocimiento de la acción. Aquí se refieren elementos típicos de la atención, percepción, acción, comunicación, interpretación y emoción.
- [R]: *Representamen*. Se define como lo que en un momento dado es efectivamente signo para el actor (externo —perceptivo—, interno —propioceptivo— y memoria). El concepto de "representamen" conserva la idea de Gibson de que la percepción incluye la actividad exploratoria como "acto". En el estudio de una situación de trabajo, un objeto se define por los elementos de acción y percepción experimentados (aquí y ahora).
- [U]: *Unidad básica del ciclo de acción*. Es el componente básico de la actividad pre-reflexiva.[7] No se reduce a acciones, a diagnósticos y pronósticos funcionales; incluye también sentimientos, cambios de focalización de la atención, comunicaciones y toda clase de actos e interpretaciones.
- [I]: *Interpretante*. El que interpreta, tal como se define aquí, es el "actor". Su acción se acompaña siempre de algún aprendizaje o descubrimiento, teniendo en cuenta que el aprendizaje es siempre situado dinámicamente, es decir, se encuentra vinculado al desarrollo de la acción del individuo.

De esta manera, lo que se obtiene del ciclo de la acción se traduce en un conjunto de elementos generales de la acción y de la comunicación, de verificación de la focalización operada. Las estructuras significativas centrales a obtener son:

- Las secuencias prospectivas elaboradas en el curso de la acción (sean estas continuas o discontinuas), y

[7] Lo que precede a la reflexión o al conocimiento, puede considerarse como una comprensión implícita.

- las secuencias retrospectivas resultantes de la evaluación del resultado de la acción (sean estas continuas o discontinuas). Finalmente, es posible determinar las series de elementos concatenados y sus sincronías.

4.2.4. La intervención ergonómica y el curso de la acción

Los estudios desarrollados en las empresas objeto de intervención se han centrado en aproximarse a comprender la función de la regulación en el ciclo de la acción, a partir del marco metodológico del curso de la acción. Consideramos que la regulación parece ser un elemento estructurante central de las unidades de la acción, aquí presentamos al final un ejemplo de estos estudios.

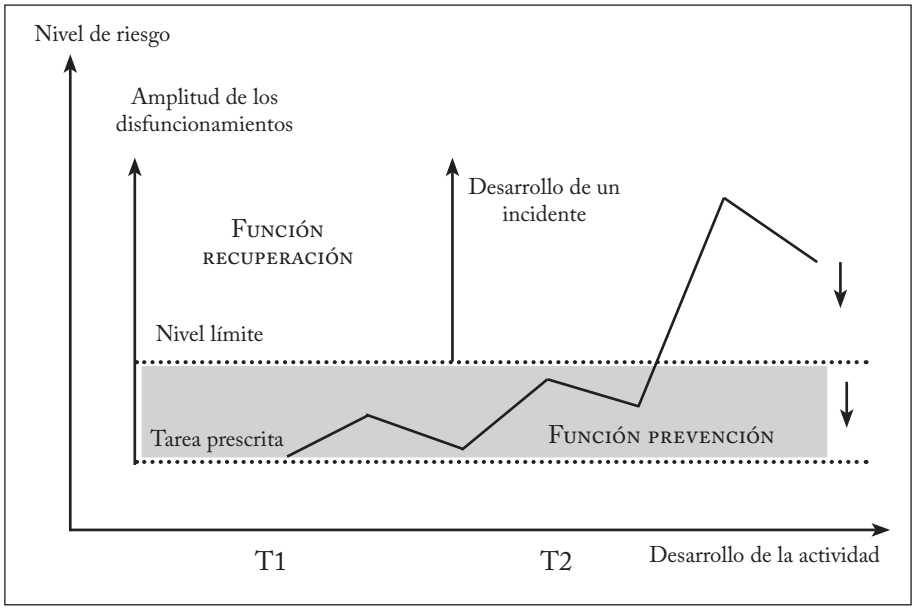
Como se mencionó al identificar los componentes del curso de la acción, el estudio de las unidades de acción, por su naturaleza compleja, permite identificar las formas de cambio y transformación de las demás unidades de análisis. Este estudio se orienta a la comprensión de esa unidad compleja que dirige a la acción del individuo: la regulación.

4.2.4.1. La regulación y la anticipación en la estructura de la acción

Partiendo de los trabajos desarrollados por Faverge (1966), se puede inicialmente comprender la regulación como una forma de actuar frente a las exigencias temporales. Es posible entenderla como una respuesta elaborada por el individuo para llevar a cabo una gestión entre el tiempo cognitivo y el tiempo tecnológico.

Sin embargo, la disponibilidad de recursos, la posibilidad que cada individuo tiene de evaluar los eventos y la situación, así como la posibilidad de elaborar una representación de la dinámica del evento y en consecuencia de estructurar una acción, dependen en gran medida de las abreviaciones cognitivas elaboradas a partir de la experiencia, de un saber hacer particular y de los conocimientos disponibles. De aquí surge la posibilidad de anticipar. Esta acción puede ser comprendida como la capacidad para anticipar eventos y conocimientos a partir de las situaciones vividas (alteraciones funcionales, incidentes y accidentes); la anticipación permite actuar sobre las variaciones de la situación y del sistema.

Gráfico 37. Representación gráfica de la noción de anticipación elaborada por Faverge



La noción de anticipación planteada por Faverge plantea la necesidad que tienen los individuos de permanecer en el campo de la prevención antes que en el de la recuperación. Para evitar las desviaciones a estados de riesgo los individuos establecen unos límites tanto de riesgo operacional como funcional, y es a partir de ellos que elaboran sus estrategias de control con el fin de mantener los sistemas operando dentro del nivel establecido. Esto implica la reinterpretación de la tarea prescrita y la construcción de estrategias de anticipación y regulación para el desarrollo de procedimientos adecuados a los diferentes eventos y escenarios de producción suscitados en el curso de la acción.

En este mismo sentido, la noción de regulación implica necesariamente la acción; examina lo que de la acción resulta del "manejo de una técnica, del ejercicio de una capacidad, de la posesión de un saber hacer, de poner en operación un razonamiento practico" (Faverge, 1978). La regulación parece surgir de formas de conocimiento y de razonamiento que conforman estrategias ajustadas a la circunstancias del entorno y a las necesidades de la acción.

La regulación puede ser vista como una estructura de acciones que buscan la anticipación de los eventos en la interacción para el funcionamiento de un sistema en una situación dada. En este sentido, De la Garza y Weill-Fassina

(2000) consideran la regulación en relación a los eventos o riesgos en un sistema, por tanto la regulación se define como un proceso que contiene el diagnóstico, la anticipación, la posibilidad de evitar la situación, el control y la recuperación del sistema.

La regulación es un proceso complejo de gestión de conocimientos y de saberes específicos sobre los estados y las evoluciones de un sistema productivo o tecnológico. Este proceso permite a los individuos comprometerse con ciertas interacciones con el sistema, esto con el objetivo de asegurar la estabilidad funcionalidad y estructural; se realiza respetando ciertos límites de desempeño que son acordados y compartidos colectivamente.

Para el desarrollo de la intervención ergonómica de un sistema de trabajo se considera que el proceso de regulación se enmarca en la dinámica de la situación (es decir entre las variaciones de estructura, operación y función). Este proceso evoluciona en función de los conocimientos y del saber hacer de los individuos.

En este sentido, la regulación puede poner en juego mecanismos cognitivos automáticos o puede obedecer a un proceso de estructuración a medida que la situación evoluciona y se transforma. Así, para Piaget (1975) "toda regulación es una respuesta a una perturbación", lo que explica que en una actividad de regulación sea necesario identificar, anticipar y diagnosticar la perturbación cualquiera sea el objeto del ajuste.

La regulación puede reconocerse como una respuesta situada a las condiciones de ejecución de la tarea que escapan a las prescripciones de las acciones. De esta manera, el observador considera que la modificación de las formas de operar del individuo tiene lugar debido a una forma de organización de las acciones en la cual cada individuo jerarquiza de manera dinámica los objetivos de funcionamiento y operación asignados al sistema.

En el curso de una intervención ergonómica se puede entonces considerar la regulación como un conjunto de estrategias y modos de operación adaptados a las circunstancias de la acción. La anticipación hace parte de este conjunto de estrategias, y puede ser aprendida en el análisis ergonómico de un trabajo como un procedimiento que toma en consideración, a partir de la acción presente, la posibilidad de advenimiento de un evento futuro.

Se puede entonces estudiar la anticipación como una actividad de inferencia. Estas inferencias se modifican en función de las interacciones con el sistema y según la situación de producción en la cual se encuentre inmerso el individuo. Las inferencias tiene un carácter social, es decir, son validadas y aceptadas a través del contacto con los otros.

Es importante comprender que las inferencias no tienen un carácter aleatorio (casual), ya que delimitan previamente el contenido aproximado que puede tomar un evento futuro en una situación determinada. En consecuencia, se puede pensar que se encuentran vinculadas a las estrategias de identificación de signos (representamen) con el fin de relacionar o establecer las formas y procesos de regulación del sistema.

Para el estudio del ciclo de la acción en nuestra intervención ergonómica nos interesamos principalmente por el conjunto de estrategias que constituyen la anticipación, es decir, las que permiten inferir la aproximación de un evento en una situación dada. La intervención ergonómica las estudia como elementos desarrollados por el individuo para regular y anticipar la estabilidad operacional y funcional del sistema con el cual interactúa.

Estas estrategias se manifiestan como construcciones específicas de los individuos. En efecto, los estudios de tareas de control aéreo desarrolladas por Sperandio (1972) ponen en evidencia que los niveles de exigencia de las tareas están definidos por el número de aviones a tomar a cargo de manera simultánea por el controlador. Cuando el número aumenta, el controlador adopta estrategias de control cada vez más económicas frente a su carga de trabajo, de tal suerte que pueda reducir el número de variables tratadas por cada avión. Recurrir a estrategias más económicas desde el punto de vista cognitivo y funcional constituye una herramienta de gestión y de regulación de la seguridad de la operación.

4.2.4.2. Intervención ergonómica en el sistema de producción

La intervención se desarrolla en un sistema que tiene por objetivo la producción de ramos de flores. La composición (color y variedad) y cantidad de tallos varía de acuerdo a la solicitud del cliente, fecha o temporada del año; las longitudes de los tallos varían entre 50, 55 y 60 cm.

La receta[8] incluye una mezcla de variedades de flor y de otras variedades adicionales. La cantidad de tallos de flor va de 7 a 18 por ramo, en algunas ocasiones se pueden conformar ramos de 25 tallos o más. De acuerdo a las especificaciones de la receta la mezcla de variedades cambia. Esta mezcla se realiza siguiendo parámetros estéticos y de acuerdo a la experiencia de la operaria encargada de elaborar o surtir la receta.

Esta experiencia está ligada a la fecha, la estación del año, el cliente y las variedades a disposición. Para completar el proceso de surtir un pedido, es decir, gestionar las variedades, adecuarlas, conformar los ramos, surtir el pedido, empacar y despachar, la línea de producción necesita dos días.

4.2.4.2.1. Acciones que estructuran la actividad de la operaria

A partir de observación asistida y de verbalización en simultánea se identifica de manera global el proceso para elaborar un ramo de flores en la sala de producción. El cumplimiento de las metas en cuanto a productividad y en cuanto a calidad depende de la realización de las etapas siguientes:

a) Recepción de las flores. En esta etapa las flores son recibidas y ubicadas en un almacenamiento temporal, donde se verifica su calidad y su homogeneidad, y se preparan para ser distribuidas a las zonas de selección.
b) Distribución. Según la receta o la orden de pedido se prioriza la variedad o variedades a tratar. Estas se distribuyen rítmicamente por los puestos de trabajo de acuerdo al rendimiento de la operaria de selección, que es objeto de seguimiento sistemático y es registrado diariamente, con el objetivo de establecer cuotas individuales y colectivas de productividad.
c) Selección. Esta etapa incluye las acciones de deshoje o despetale[9] de la flor, control de estado de la variedad, establecimiento de la calidad y la dimensión, conformación del ramo, encauchado[10] y encapuchado.[11]

[8] Conjunto de instrucciones del cliente en cuanto a color, tamaño aspecto y longitud de tallo.

[9] Se trata de eliminar elementos que afecten la estética de la flor.

[10] Se trata de asegurar los tallos de las flores utilizando cauchos elásticos que se colocan manualmente.

[11] Una vez conformado el ramo se coloca una protección plástica o de papel con identificación.

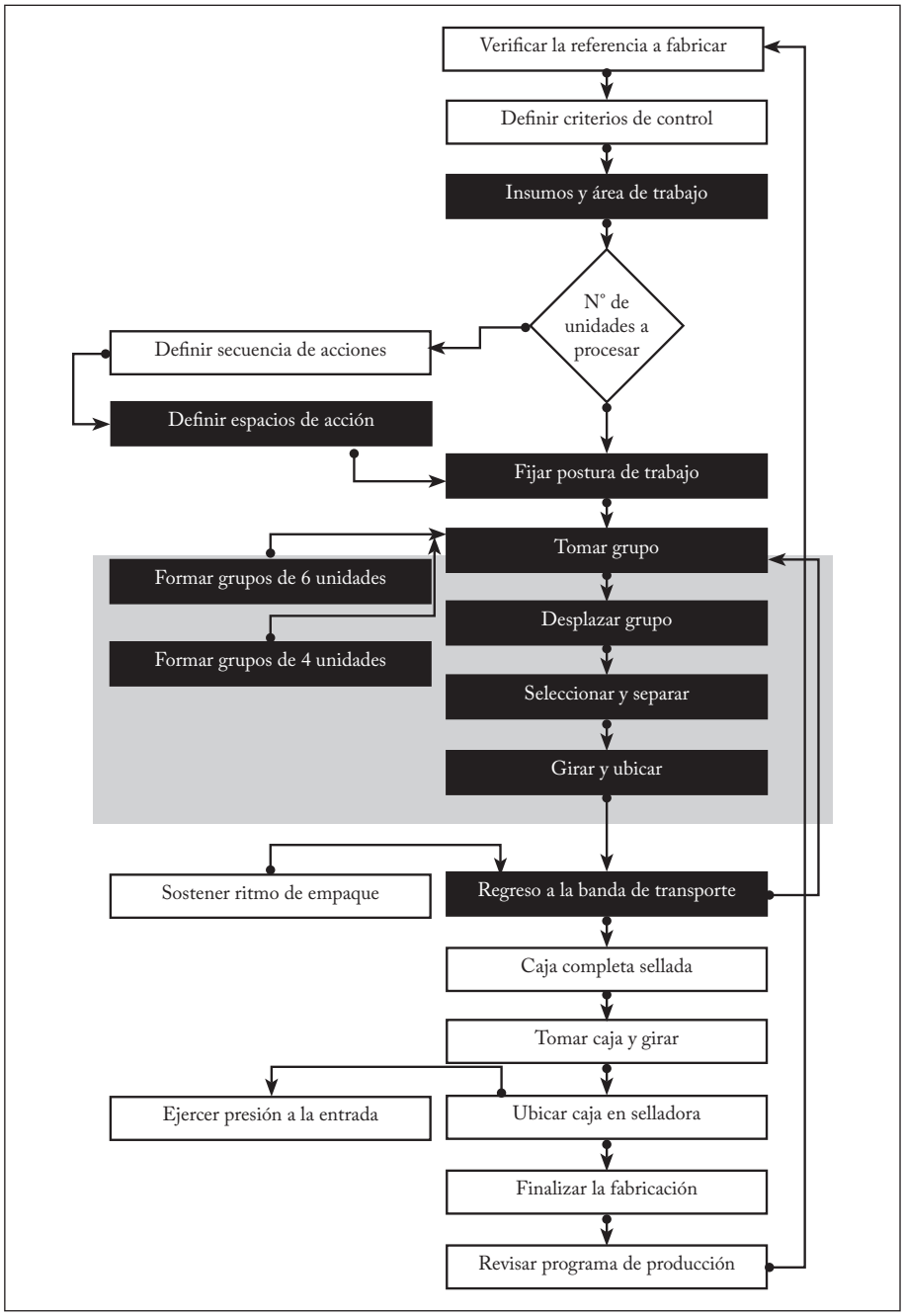
d) Corte. Etapa en la cual la operaria ajusta y da al ramo la dimensión final, que responde a las exigencias y necesidades del cliente.
e) Control y registro. Esta etapa incluye el control visual de calidad, el conteo y registro del rendimiento individual y el registro global de la producción del sistema; así mismo se controla y establece el surtido del pedido. Esta etapa permite reaccionar rápidamente a las seleccionadoras cuando las cantidades solicitadas de ramos de una variedad no se han cumplido, para conformar los ramos y satisfacer la demanda.
f) Tanques de tratamiento. Aquí el ramo "hace una rotación" durante un periodo de una hora por agua y producto nutritivo que lo prepara para ser empacado.
g) Empacado. Los ramos, una vez tratados, son empacados en cajas de 25 atados. En las cajas se realiza una mezcla de ramos según las especificaciones hechas por el cliente.
h) Cuarto frío. Cuando el pedido se encuentra empacado es almacenado en cuarto frío hasta su despacho final.

4.2.4.2.2. Estructura de la acción de las operarias

Para lograr los objetivos de la producción cada operaria de selección debe cumplir como meta producir en promedio cincuenta ramos/hora, lo que significa disponer aproximadamente de cuatro segundos para realizar la exploración visual de cada tallo de flor y realizar la identificación y verificación de los parámetros para efectuar la clasificación. Simultáneamente la operaria debe realizar un control espacial de distribución del producto a tratar, seleccionado sobre el plano de trabajo; también lleva un registro individual de las cantidades producidas y debe manejar los requerimientos específicos de conformación del ramo según el cliente.

La producción está regulada por ciclos y fechas del año específicas. Puede haber periodos de baja productividad en los cuales los ritmos de producción fluctúan entre 200.000 y 400.000 tallos/semana, con ritmos de producción más pausados, con menor presión temporal. En estos periodos la población laboral permanece estable. En los periodos de alta productividad la producción promedio alcanza la cifra de 1.100.000 tallos/semana, lo que trae como consecuencia que la producción se multiplique por cinco, con aumento del número de operarias y la extensión de la jornada de trabajo.

Gráfico 38. Esquema que resume las principales etapas cumplidas por las operarias en el proceso de clasificación de flores, siguiendo una secuencia ordenada de pasos y de decisiones para la conformación del ramo



El análisis desarrollado encuentra que la información que maneja la operaria le permite decidir sobre diversos aspectos, por ejemplo, la longitud del tallo; según el pedido trata de obtener el mayor numero posible de tallos de la dimensión especificada y decide cuando "bajar" de medida un lote (por las características del lote, se pasa a otra medida que puede ser útil a otro cliente y de esta manera se evita detener el proceso de producción), esto lo lleva acabo especificando la acción con el uso del caucho de color y así lo comunica a la supervisión y a sus compañeras.

Criterios de evaluación. De acuerdo a la variedad la operaria sabe qué criterios aplicar para agilizar el proceso de examen visual. De igual forma puede determinar los cuidados que debe tener en el manejo de la especie; esto significa que, basada en su experiencia, realiza una búsqueda específica de problemas fitosanitarios y de aspectos físicos de la flor, con lo cual reduce el rango de posibilidades y gana tiempo para regular su acción y alcanzar los resultados de producción.

Exploración activa. La operaria combina sus conocimientos sobre las características de las variedades con la evaluación visual de los lotes, es decir, busca elementos visuales, de origen del lote, de tiempo de almacenamiento, que le permiten inferir el estado de la flor; este mecanismo le permite diagnosticar por anticipación el volumen de flor no estándar (es decir que será objeto de selección, pero que no cuenta en los resultados finales de número de ramos con especificaciones solicitadas por el cliente). La presencia de este tipo de flor en el lote no es tenida en cuenta para los promedios de rendimiento. De otro lado, realiza una búsqueda de indicadores de presencia de organismos —"cuando trae arañas, uno las siente inmediatamente en la piel"—. La operaria, de esta manera, regula la velocidad del proceso de selección y puede comunicar a la supervisora el nivel de calidad del lote en proceso, con lo cual posibilita la toma de medidas rápidas para mantener los estándares de calidad.

Estas exigencias de cumplimiento de la tarea exigen niveles variados de concentración, condiciones que se pueden ver afectadas por la fatiga originada por el esfuerzo físico necesario para mantener en temporada alta (puede haber periodos de trabajo de doce horas) la postura de trabajo —de pie—, por las condiciones adversas de microclima (trabajar desde muy temprano en la

mañana hasta tarde en la noche) y de iluminación (207 lux en zona de clasificación). Además, aspectos físicos como las características (dimensiones, diseño, áreas) de las superficies de trabajo condicionan el desarrollo del trabajo y la adopción de posturas. Estos factores, combinados, afectan los niveles de vigilancia necesarios para realizar la exploración activa, y ocasionan bajas en la productividad y en los ritmos de selección.

4.2.5 Conclusión

En síntesis, el estudio muestra que buena parte del rendimiento se logra gracias al desarrollo de estrategias de anticipación en la identificación de las características del material vegetal a tratar. Estas estrategias se implementan para compensar los problemas de entorno y de condiciones de trabajo, con el objetivo de asegurar un rendimiento aceptable.

Indudablemente, la adopción y la estructuración de estas estrategias es el resultado de acumulación de conocimiento y especialmente de conocimiento compartido por las trabajadoras, quienes comunican de manera informal el estado de los lotes y establecen el objeto de búsqueda de referentes para el desarrollo de la acción. A lo largo del proceso de selección, el componente condicionante de la situación, que al tiempo es el elemento estructurante de la acción, es el intervalo de tiempo efectivamente disponible para realizar el acto de clasificación. Estos intervalos a veces reducidos de tiempo inducen el desarrollo de mecanismos de codificación y jerarquización de los indicadores relevantes de la situación, para que sean adaptados a cada uno de los escenarios de actividad generados por el estado de lotes que deben ser clasificados y procesados.

4.3. Caso III. Intervención para el análisis de actividades de servicios desde la perspectiva de la ergonomía cognitiva

4.3.1. Introducción

El análisis ergonómico de actividades de servicios reposa sobre una mirada crítica, que se orienta a determinar quién produce y qué se produce en una situación de servicio; se trata de identificar los medios que permiten establecer cómo evaluar lo producido. El análisis se desarrolla desde un modelo construido a partir del estudio de la interacción entre los diferentes actores y los elementos de trabajo.

En el estudio de una situación de servicios se recurre a dos nociones bastante próximas, como son las de cooperación (Terssac & Friedberg, 1996) y actividad colectiva (Hoc, 1996), con el objetivo de comprender la influencia de estas en la estructura de la actividad individual de trabajo. El análisis se basa en un estudio multidimensional de la situación (basado en documentación, entrevistas individuales y colectivas, reuniones y observación de prácticas). La intervención ergonómica se fundamenta desde el punto de vista metodológico en el estudio de las comunicaciones y en la gestión de la información, es decir, se trata de desarrollar el análisis a partir del modelo ecológico propuesto por Vicente (1999) para el análisis cognitivo del trabajo, el cual busca poner en evidencia la compatibilidad del modelo mental con las exigencias del entorno.

Para el desarrollo del estudio se han explorado las comunicaciones que se producen en el curso de la actividad de agentes[12] en un servicio de ventas; estas han sido recogidas por observación y registro de la actividad de los agentes, identificando los elementos que posibilitan la cooperación y la coordinación en el seno de los colectivos. También se realizan observaciones sobre los aspectos operativos del trabajo. Los momentos de comunicación más autónomos —registro de solicitudes, reuniones con el cliente y con otros actores de la situación de servicio— han sido de igual manera observados y registrados, estos completan la información y permiten acceder a la construcción del vínculo existente con algunos aspectos de orden sociológico.

Los análisis de estos datos revelan los procesos de construcción y significación de la acción. Así, la intervención ergonómica permite estructurar un modelo tipo por reagrupación de las características de la actividad a partir de los comportamientos tipo (aspectos fisiológicos, por ejemplo), de situaciones tipo (sesiones de interacción) y de lenguajes de descripción tipo (el análisis en términos de elementos de significación para cada situación, de acuerdo a lo solicitado por el demandante del servicio).

4.3.2. Cognición y actividad

El estudio ergonómico desde la perspectiva cognitiva del trabajo en el mundo contemporáneo conduce a reflexionar sobre un doble problema: por una parte,

[12] En el estudio de situaciones de servicio se prefiere el uso del concepto agente, como actor del proceso de tratamiento de intangibles.

acerca de las transformaciones del trabajo en el marco de los nuevos sistemas de producción, en el seno de la sociedad y en la vida personal; y por otra, acerca de los aportes de la psicología en materia del análisis del trabajo.

Los aportes de la ergonomía francesa, primordialmente de Pacaud y Lahy, de Faverge y Leplat, de Wisner y Le Guillant, que sentaron las bases del estudio cognitivo del trabajo, y más recientemente los trabajos de Amalberti, Hoc, Theureau y Weill-Fassina, entre otros, han permitido comprender que al ejecutar una tarea se suceden procesos de interpretación y elaboración por parte de los sujetos. Esta actividad es el resultado de un proceso de creación que busca regular y mantener operativos sistemas de producción cuya característica central es la variación. Por ello, los procesos de razonamiento, la construcción de un saber-hacer y de conocimientos, son el objeto central de estudio de la ergonomía cognitiva, ya que ellos permiten explicar la "actividad" desplegada por el trabajador en el cumplimiento de un objetivo.

El análisis y comprensión del conjunto de estos elementos en un saber integrado y distribuido para el desarrollo de tareas en sistemas de producción es la base para la ergonomía cognitiva, que, como su mismo nombre lo indica, es la suma de conocimientos de origen diverso, desde la fiabilidad de sistemas a la psicología, pasando por el estudio de la cognición y la ergonomía tradicional de puestos de trabajo. Las evoluciones del trabajo han creado nuevos escenarios de actividad, es así que con la tercerización de la producción la historia reciente muestra un incremento progresivo de las actividades cuyo objeto tiene un carácter tangible. La prestación de un servicio, su evaluación y dimensión dependen de los aspectos estructurales de la interacción que este genera, así el servicio se define por la calidad y cantidad de intercambios que se dan entre dos o más actores y que permiten determinar el resultado de esta acción, esto es, responder a una expectativa con la combinación del conjunto de elementos disponibles.

4.3.3. Las situaciones de servicios

En sentido estricto, la economía de los servicios recubre todos los sectores en los cuales una organización suministra un servicio a un particular, un grupo o una organización. En nuestro caso se trata de una organización que es prestataria de servicios para otras organizaciones, la proyección de este servicio se hace

esencialmente a través de la comercialización y distribución de productos; el punto de conexión entre estas dos organizaciones es el "agente de ventas", apoyado por una estructura interna de comercialización.

El interés esencial del análisis es establecer las complejidades y dificultades propias de la interacción entre la organización, el prestatario del servicio —agente— y su usuario o beneficiario —organización externa—. Como se puede apreciar en esta trilogía, el puente de intercambio y de traducción de las necesidades entre la organización prestataria y la organización beneficiaria del servicio es el "agente" (representante de ventas) de la primera. Esta situación presenta diferentes contextos de acción para el agente, que varían en relación al tipo de tarea asignada, a las metas fijadas por la organización prestataria y a las necesidades de la organización beneficiaria.

El agente de servicio se encuentra situado en un cruce de informaciones que son de vital importancia para gestionar la calidad del servicio conforme a las metas individuales y de grupo. Estas últimas poseen un valor esencial, ya que a pesar de actuar individualmente en la mediación e intercambio de las organizaciones, el agente debe también actuar cooperativamente con los demás agentes del equipo de ventas para alcanzar objetivos comunes; es necesario observar que estos objetivos son uno de los indicadores de eficiencia colectiva y juegan un rol esencial en la armonía operacional del grupo.

Las condiciones de trabajo del agente se encuentran co-determinadas por las condiciones que le plantean las dos organizaciones a las que hace frente. Las relaciones entre las dos organizaciones influyen en el trabajo desarrollado por el agente. Un numero relativo de tareas que este debe desarrollar en ocasiones son tomadas a cargo por actores de la división de apoyo, que no tienen contacto directo con el cliente; si estas tareas no son desarrolladas adecuadamente dificultan la actividad que el agente adelanta, y producen situaciones de incomprensión en la relación que desarrolla este con la organización beneficiaria del servicio.

Una relación de servicio puede ser definida como el conjunto de interacciones (relaciones entre actores humanos, tales que las acciones de unos influyen o buscan influir sobre el comportamiento de otros) existentes entre agentes prestatarios (representantes de ventas) y agentes utilizadores (clientes) a propósito de la prestación de un servicio. El vínculo organización/mercado está mediatizado

por la relación comercial entre el "agente y su cliente"; el mercado es el territorio de intervención y de acción de los agentes. Esta mediatización ha permitido estructurar el mercado, segmentando los clientes según criterios de potencial de "compra" o demanda de productos.

4.3.4. Estructura, método de intervención y acción ergonómica

4.3.4.1. Principios que guían el análisis

En este estudio se adopta un punto de vista centrado en la ergonomía cognitiva, con el propósito de adoptar un acercamiento "microscópico", lo cual significa interesarse a nivel fino —tanto desde el punto de vista de la recolección de información como de su análisis— en los razonamientos escenificados por los trabajadores en el desarrollo de su actividad, y en los conocimientos sobre los cuales estos razonamientos se apoyan.

1. Los conocimientos utilizados efectivamente (CUE) son estudiados como protagonistas en la evolución de la situación de trabajo, de esta manera la acción de la ergonomía se enfoca en su identificación, análisis y estructuración.
2. La estructura de la acción ergonómica se basa en la puesta en funcionamiento de una construcción social de la intervención, ya que esta posibilita la alimentación de un proceso de escucha de las diferentes lógicas de las cuales son portadores los diferentes actores. En el desarrollo de la intervención, la construcción social asegura una dinámica de co-construcción de sentido, en principio entre los investigadores y las personas cuya actividad es observada, así como con los interlocutores de la empresa.

El estudio de situaciones de servicio muestra los diversos escenarios en los cuales se identifican problemas ligados a la formación de competencias, estrategias, saber-hacer, a la construcción de modos operatorios, de modelos de comunicación y gestión de las variables de propias del trabajo. Para establecer el dominio de la intervención —ergonomía de condiciones de trabajo, ergonomía de

sistemas técnicos y ergonomía de sistemas de producción (Hubault, 1996)—, de acuerdo a las características de la tecnología en juego y a las características inter e intra individuales de los operarios que desarrollan su actividad en este sistema productivo, nos hemos inclinado por orientar nuestra intervención hacia una aproximación global (en el sentido de globalizar la noción de trabajo). De esta manera, abordaremos "las situaciones de trabajo como contextos de actividad", estudiaremos al operario como "centro de decisión e intérprete de eventos" y a la empresa bajo el ángulo de la complejidad (Hubault, 1996), y opondremos simultáneamente los conceptos de eficacidad en el orden económico (rendimiento, productividad, calidad, fiabilidad) y en el orden humano (competencias adquiridas / degradadas, salud conservada / deteriorada) (Hubault, 1996).

Se considera que la eficacidad designa el horizonte del trabajo para el individuo "al definir no solamente la remuneración, sino también lo que él arriesga y gana al trabajar, lo que hace que él se implique y produzca a través de su acto" (Hubault, 1996). "Para la empresa la eficacidad constituye el criterio a partir del cual el trabajo tiene sentido" (Hubault, 1996). La contribución de la ergonomía en este estudio reposa sobre una doble articulación: una acción que se va a desarrollar desde un nivel macroscópico hacia un nivel microscópico, y después la restitución en el ámbito macroscópico de los elementos que resulten de los análisis hechos en el ámbito microscópico. Esta articulación deberá permitir:

1. Una mejor comprensión de las manifestaciones de las variabilidades del trabajo y sus efectos sobre los procesos desarrollados.
2. Se podrán caracterizar las determinantes que perturban el desarrollo de las diferentes situaciones de trabajo. Esta actividad de descripción y de caracterización no podrá ser hecha sin la colaboración de los agentes en situación de trabajo.
3. Identificación en el ámbito microscópico de los conocimientos y estrategias individuales y colectivas puestas en funcionamiento por los trabajadores para gestionar, anticipar, detectar y regular las diferentes situaciones. Nos concentraremos en la manera como los agentes utilizan y reutilizan sus conocimientos de base, sobre la experiencia pasada y en proceso de construcción.

4. Identificación de las necesidades de los agentes para poner en funcionamiento estos razonamientos y estrategias.
5. La traducción de los resultados obtenidos en términos de especificaciones para la cooperación hombre - tarea y en el sistema socio-técnico.

4.3.4.2. Solicitud para el desarrollo del estudio ergonómico

La realización de un estudio ergonómico de la relación de servicio (ventas) debe facilitar la definición de las condiciones cognitivas y sociológicas. La solicitud se fundamenta en la intuición de que algo falla en la eficacidad y la calidad de estas relaciones, dificultad que surge de las condiciones tanto de quien es "atendido" como de quien está a cargo de este trabajo y de esta relación. Las fallas en la prestación del servicio son identificadas como críticas para la imagen exterior, así como para el funcionamiento interno de la organización, y se convierten en cargas difíciles de manejar en el mediano y largo plazo.

El interés esencial para el desarrollo de este estudio consiste en la búsqueda de los factores que permitan definir el puesto de trabajo o la situación de trabajo en la cual se desempeña el agente —representante de ventas—, así como la organización de su actividad, con el objetivo de presentar una vía de solución a los problemas que allí aparecen: definición del puesto (calificación), organización del puesto (tipos de tareas, efectivos, poli-funciones, rotación, etc.).

En el estudio de la situación de trabajo se han identificado los contextos de acción característicos en los que desarrollan su actividad los agentes. Para alcanzar este objetivo se identifican las dos modalidades de actividad ejecutadas por los ellos: la situación de acción para los agentes que actúan frente a "pequeños clientes" y la de los agentes que actúan frente a "grandes clientes". Teniendo en cuenta que la definición del puesto de trabajo varía en función de la actividad del agente, se identifican actividades de gestión, verificación y registro de las necesidades del cliente, que se desarrollan durante un lapso de su tiempo de trabajo en la organización prestataria, con las actividades de negociación, gestión y verificación de la capacidad y disponibilidad de la organización beneficiaria, que se llevan a cabo en espacios diferentes y con lapsos de tiempo con duración variables.

De esta manera el estudio identifica lo que pasa en el trabajo y en la actividad del agente especializado: las relaciones que se establecen con los diferentes actores y particularmente los prerrequisitos de estas actividades (preparación, informaciones, documentación, conocimientos requeridos y construidos, entre otros).

4.3.5. La situación de trabajo

El equipo de ventas que atiende a grandes clientes, cadenas de distribución —grandes distribuidores— y a distribuidores sectoriales —pequeños distribuidores—, desarrolla su actividad repartiendo su tiempo entre la gestión administrativa de las solicitudes del cliente frente a la organización prestataria, y la atención directa a los diversos puntos de venta o en la sede del cliente.

La jornada de trabajo varía de acuerdo a las necesidades del cliente y a la programación semanal de atención y visitas que realiza el agente de ventas (plano de campo). La permanencia del agente de ventas está relacionada con la modalidad de atención, así:

- En la atención a grandes distribuidores el agente efectúa rotaciones por los diferentes puntos de venta, destina un día de la semana a la elaboración y negociación de los pedidos en la sede del cliente y permanentemente establece contacto con la sede matriz, para actualizar información respecto al estado de las solicitudes de su cliente.
- En la atención a pequeños distribuidores el agente destina una parte considerable de su tiempo a trabajar en la sede de estos, de igual manera efectúa gestión administrativa de las solicitudes del cliente ante la organización prestataria.

4.3.5.1. El servicio de ventas

El contexto de análisis en esta situación de servicio se desplaza de acuerdo a la movilidad del agente de ventas, los elementos que componen su situación de servicio se dividen en dos: tareas que se desarrollan internamente en la organización y tareas que se desarrollan en el exterior de la organización. Este conjunto de tareas son: la jornada de trabajo se inicia entre las 6:00 y las 7:00 a.m., según las necesidades de atención del cliente; hacia las 4:00 p.m. el agente debe

hacerse presente en la sede principal de la organización prestataria para realizar los informes diarios de actividades y gestionar los pedidos o solicitudes recolectados durante la jornada; esta actividad se extiende en ocasiones hasta las 7:00 p.m., dependiendo de la época del mes o del cierre de ciclo.

4.3.5.2. Características de la relación de servicio

En este caso se trata de una organización que opera en un esquema de funcionamiento en el cual se identifica el servicio como estrategia de "venta" por campaña; en este servicio se precisa para el agente un objetivo de venta sobre ciertos productos en un intervalo de tiempo (a veces corto), es decir que se ha establecido una secuencia de ciclos de venta, con duración de cuatro a cinco semanas, durante los cuales se proponen y se busca cumplir unas metas y objetivos en volumen de ventas.

4.3.5.3. Una relación comercial especializada

La segmentación del mercado con la codificación precisa de los clientes circunscribe la zona de intervención del representante de ventas, así como su autonomía; de esta manera se cualifica su actividad y se especializan sus conocimientos, acciones y estrategias de negociación.

El objeto de trabajo de esta relación comercial de servicio no es la venta en sí; el objetivo del servicio es ayudar o apoyar al cliente proporcionándole los conocimientos de la estructura del mercado que permitan establecer la rotación, promoción y proyección de los productos de interés de la organización prestataria; de esta manera, el rol del agente de ventas se amplía desde el conocimiento del cliente hasta el conocimiento del comportamiento del mercado y del sector en sí. El agente de ventas, según su grado de especialización, debe estructurar sus prácticas de venta contemplando el manejo de estas cuatro variables:

1. Características de la relación comercial: el conocimiento del cliente, la estructura de la relación social y el conocimiento de la organización del cliente determinan la manera como se establece el vínculo cliente —agente de ventas— organización prestataria, y de igual manera definen los espacios de relación entre cada uno de estos componentes.

2. Un espacio de acción concreto: que permite crear las estrategias de establecimiento del vínculo y de construcción de la relación, alrededor de la gestión colectiva de información que permite determinar o "estimar" las necesidades de compra del cliente.
3. La competencia dominante que allí se ejerce se articula alrededor de la capacidad del agente de ventas para gestionar adecuadamente las múltiples fuentes de información que le posibilitarán anticipar o "estimar" las necesidades del cliente, y simultáneamente evaluar el cumplimiento de los objetivos propuestos por la organización.
4. La identidad de la relación que se puede construir entre el cliente y el agente de ventas está dada por el conocimiento mutuo y por la construcción colectiva de intereses en la realización individual y colectiva de objetivos, esta identidad se construye sobre un mutuo conocimiento y con una atención especializada.

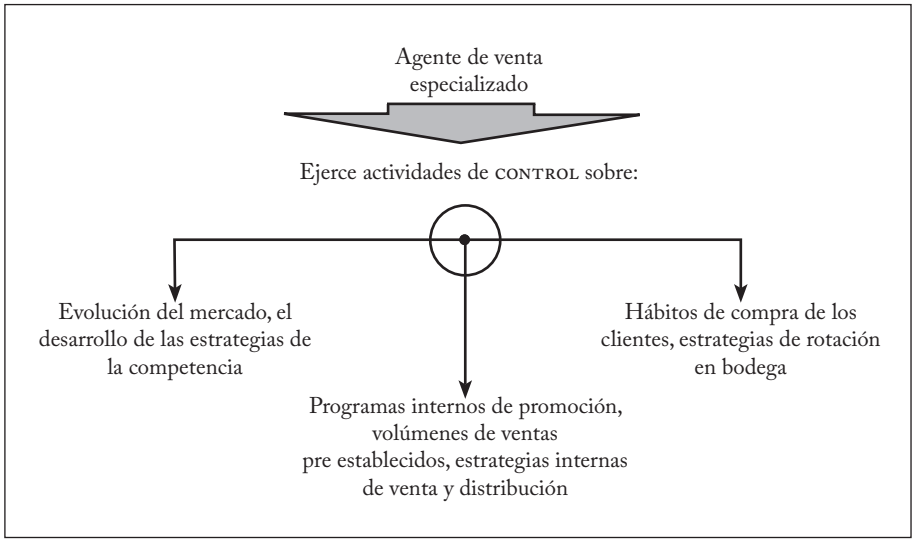
4.3.5.4. Aspectos cognitivos

En la industria, la ergonomía ha identificado el rol de la variabilidad (materia prima, productos, herramientas) en las cargas de trabajo inducidas a los trabajadores. De igual manera, en los estudios de relaciones de servicio se han identificado las variables inherentes a los usuarios del servicio (intermediarios y cadenas de distribución, en este caso) como factores esenciales que definen la concepción de los medios de trabajo y de la organización.

Para esta actividad de servicio el agente de ventas especializado dispone de una base de "conocimientos esquematizados" de tipo general sobre la evolución de los clientes, sobre el comportamiento del mercado, sobre las condiciones en que este evoluciona y la forma en que cada una de las referencias que comercializa la organización se desempeña en el mercado. También sobre cómo evoluciona la disponibilidad y límite de compra del cliente; estos conocimientos están organizados de tal manera que se pueda manejar un número de reglas de inferencia, tales como: *si se apoya una referencia en una buena promoción se puede lograr una mejor rotación. La rotación de ciertas referencias de acuerdo al contexto, permite pensar en una compra diferenciada*. Tales reglas, entre otras, le posibilitan al agente de ventas elaborar *planes de acción y estrategias* que le ayuden a cumplir

las metas en volumen de ventas, a partir de los cuales se pueden crear nuevos esquemas de análisis y proyección de las condiciones venta.

Gráfico 39. Los componentes centrales de la actividad de un vendedor especializado se asocian a las actividades de control sobre múltiples factores y variables, para garantizar la calidad de las acciones y decisiones tomadas



Fuente: Castillo, 2002.

En las relaciones de servicio intervienen numerosos factores de variabilidad, como son la disponibilidad y oportunidad de datos, ya que si estos no se encuentran disponibles al momento de la decisión de compra, se podrán modificar la gestión de información y el desarrollo de estrategias. El servicio demandado por el cliente directo o potencial del servicio se plantea como un conjunto diverso de expectativas explícitas e implícitas con relación a la organización prestataria, que el agente de ventas especializado debe resolver.

4.3.5.5. Gestión de la información

La calidad del servicio que el agente especializado de ventas puede brindar a sus clientes depende estrechamente de la oportunidad, calidad y contenido de las informaciones pertinentes del mercado, de ofertas vigentes, de

programas, promociones especiales, de productos agotados y del estado de la cuenta del cliente en la organización. Estos datos se obtienen de los servicios que componen la estructura interna de la organización prestataria.

La toma de decisiones que el agente debe realizar en el curso de su actividad varía en grado de complejidad y difiere en número de variables a manejar para cada uno de los escenarios identificados:

a) En el escenario de los pequeños clientes, la oportunidad de las fuentes de información es vital en el momento de negociar las condiciones de abastecimiento. El conocimiento preciso del estado financiero y de cartera del cliente con la organización y la información actualizada del estado de pedidos proporcionan al agente las herramientas de planeación. El conocimiento detallado del estado de bodega y del nivel de rotación de productos permite al agente programar los esfuerzos particulares y suplementarios que se hacen necesarios para alcanzar las metas en volumen de venta individual.
b) En el escenario de grandes clientes, el manejo de las fuentes de información se vuelve crítico, ya que el vendedor necesita recolectar datos de diferentes niveles, incluyendo las fuentes primarias, controlador de bodega, entre otros. También realiza la verificación en los puntos de venta, con el objetivo de determinar y estimar el volumen de producto que es necesario negociar con el cliente, esto significa conocer y manejar un número grande de referencias —ciento treinta en promedio—, a las cuales se adicionan las referencias nuevas que aparecen en cada ciclo y que dependen de las promociones y ofertas. Se debe considerar que los puntos de venta de la cadena de distribución varían entre veinte y sesenta centros diferentes, con el agravante de que se encuentran ubicados en diferentes sectores de la ciudad, lo cual significa desplazamientos continuos.

La interacción organización - mercado se basa en el desarrollo tanto de competencias relacionales como de competencias de tipo técnico. Estas últimas se fundamentan en el conocimiento preciso de productos, referencias y clientes.

A estos elementos se suma la comprensión detallada de las estrategias de promoción, del carácter del punto de venta en el caso de distribuidores, así como de la proyección y expansión de la zona en el caso de los intermediarios.

Como se puede observar, este conjunto de elementos exige al vendedor el compromiso permanente de recursos cognitivos que le permitan gestionar las variables y obtener el rendimiento esperado por la organización. En este empeño, el agente se obliga a desarrollar herramientas específicas de control según el cliente —elaboración de bases de datos y hojas de cálculo— para anticipar el comportamiento global de la situación; también puede prever con anticipación la renegociación de pedidos según el comportamiento de los productos.

El agente especializado debe realizar en algunas ocasiones tareas adicionales —recolectar productos averiados, suministro de publicidad, entre otros—, estas actividades elevan la demanda global de trabajo. Es de notar que a las dificultades propias de esta gestión se suma a final de mes la preparación de informes de acompañamiento del cliente y la evaluación global del cumplimiento de metas (por parte del equipo de agentes).

Para efectuar el control de estas variables y tomar decisiones el agente debe manejar diversas fuentes de información, evaluarlas, jerarquizar las prioridades de acción y ejecutar planes de acción que busquen mantener una situación estable, siempre teniendo en cuenta que esta se ve afectada por las variaciones legales (impuestos a productos) y económicas (periodos de recesión o baja de ventas). Estas situaciones le hacen indispensable contar con una estrategia refinada de elaboración de programas de acompañamiento, de motivación a la venta y a la compra. Es decir, el rol del agente se expande desde actuar como un interconector entre dos organizaciones a ser un gestor activo que trabaja apoyando al cliente y proyectando su organización.

Tal complejidad le exige el desarrollo de conocimientos contextuales refinados, construcción que se fundamenta esencialmente en la experiencia acerca de los hábitos de compra del cliente. Esto implica adoptar un rol activo de conocimiento global de la situación económico-comercial, de tal manera que desarrolle su capacidad de negociación y pueda mantener un margen de maniobra que anticipe, en alguna medida, el cumplimiento de sus metas individuales de venta y que lo vincule al grupo de ventas como copartícipe de la realización de los

objetivos globales, papel que es de vital importancia para el funcionamiento del equipo de ventas.

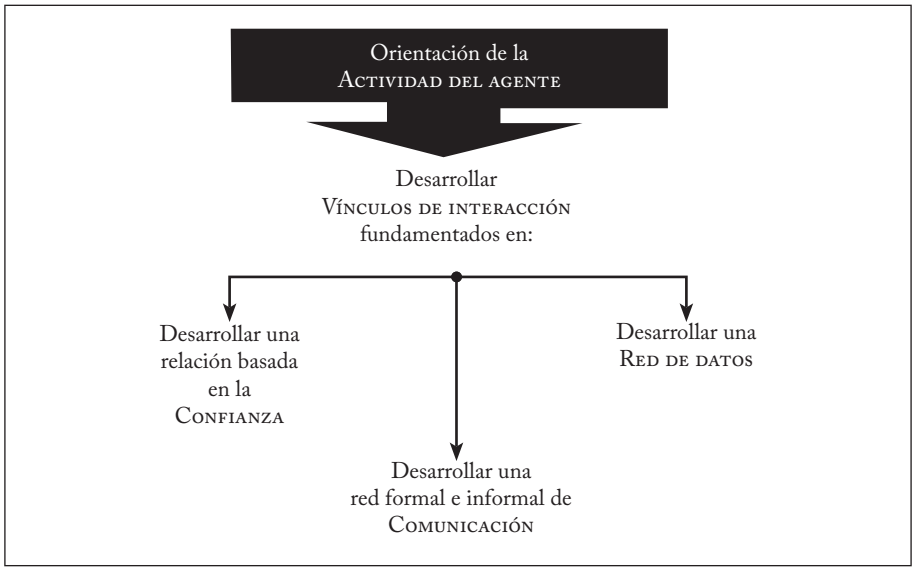
4.3.6. Conclusiones

El desarrollo de esta intervención para establecer a través del análisis cognitivo los elementos estructurales de la acción de agentes de servicio, muestra en gran medida la complejidad de la situación de trabajo. El estudio evidencia cómo el agente de ventas es un operador de información que adquiere validez en función de su valor de vigencia, es decir que necesita información actualizada.

Al contrario de la imagen estándar de un vendedor, la información que este gestiona no se circunscribe únicamente a una información memorizada de las referencias que debe distribuir, sino que su trabajo se amplía a un conjunto de informaciones de orden contextual que evolucionan y cambian en la medida en que el tiempo pasa. Esto lo obliga a adoptar un comportamiento activo desde el punto de vista cognitivo, es decir que su trabajo no es repetir de memoria un conjunto de informaciones como referencias nuevas, promociones o referencias existentes. Su trabajo se centra en la evaluación de las variables contextuales y en la elaboración de estrategias que sean congruentes con el conocimiento estrecho del cliente, así como de las zonas geográficas en las cuales desarrolla las actividades de distribución el cliente. Adicionalmente, el agente de ventas debe conocer y estimar las habilidades de los agentes intermediarios de distribución —mercaderistas—, que en gran medida definen el éxito en su gestión de acompañamiento del cliente.

El volumen de información y las complejidades propias de los planes de acompañamiento traen como efecto la toma de decisiones, que son fuente de riesgo para el agente de ventas. Aunque sean consultadas y aprobadas por el jefe inmediato, estas decisiones de acción le piden al vendedor la elaboración de mecanismos de atención y de control para no sobrepasar límites y evitar poner la etapa de negociación en riesgo, o en última instancia perder credibilidad ante el cliente. Esto aumenta el grado de complejidad de sus actividades cognitivas o de razonamiento, y al tiempo es fuente de tensión y presión continua.

Gráfico 40. La orientación de la actividad del vendedor especializado se fundamenta en la construcción de redes eficientes que le permitan elaborar proyecciones e identificar las mejores estrategias de intervención en sus dos contextos de acción



La distribución de la atención en diversas fuentes de información hace más exigente el proceso de toma de decisiones, y causa en ocasiones sobrestimaciones o subestimaciones en las expectativas de compra del cliente, lo cual trae como efecto dificultades en el cumplimiento de la metas individuales y redunda en sanciones para el equipo ventas cuando no se satisfacen las metas globales.

Es decir, el trabajo del agente de ventas deja de ser una actividad de posicionamiento de productos a través de la persuasión del cliente acerca las ventajas de sus productos y de su organización, que tiene como elemento de apoyo la ventaja económica que el comprador pueda obtener, para transformarse en una actividad orientada y enriquecida por el mutuo conocimiento entre vendedor y cliente. La fortaleza de esta relación depende del conocimiento preciso que el vendedor tenga del contexto de acción del cliente, y para ello hacen falta capacidades importantes de gestión de información y de planeación de acciones estratégicas de promoción, distribución y de acompañamiento del cliente.

La complejidad de las interrelaciones establecidas por el agente en algunos casos ha llegado a afectar los vínculos afectivos. Como se ha mostrado, el

grado de integración en la relaciones vendedor - cliente y vendedor - actores externos e internos, exige al vendedor un compromiso continuo con su trabajo y con la organización, que eleva en gran medida la presión propia de esta situación de trabajo. El hecho de que un vendedor eficiente falle afecta el conjunto de la actividad del equipo, y hace necesaria la toma eficiente y rápida de decisiones.

El tener que desarrollar su actividad frente al cliente de manera continua, acompañándole y apoyando sus decisiones, o en última instancia sugiriendo cambios en algunas de estas decisiones, eleva la exigencia de autonomía del agente para actuar eficientemente en los diferentes eventos que se le presenten. La necesidad de un acceso rápido a datos y el conocimiento oportuno de informaciones relativas a productos y al cliente definen el éxito de un proceso de negociación, de tal forma que el agente necesita mantener su red de interrelación activa y confiable; esto se puede ver entorpecido por las dificultades de comunicación entre el vendedor y la organización.

El conjunto de eventos que pueden surgir, como son los pedidos realizados tardíamente, la devolución de productos, las referencias agotadas, la desactualización de los códigos de los productos, el estado de la cartera, produce cuellos de botella, especialmente en los cierres, y exige un manejo coordinado de acciones. Así, como una intervención individual del agente para ayudar en esta gestión, el número de datos y de informaciones que es necesario manejar lo obliga a llevar y elaborar archivos informáticos personales, que son actualizados en su casa en horas posteriores a la jornada de trabajo o durante los fines de semana. Estos archivos permiten conocer informes sobre la competencia, actualizar las novedades del ciclo en curso y el desarrollo de eventos, y ayudan en la elaboración de informes de actividades, de acompañamiento y de la evolución de su trabajo en el ciclo programado.

La relación de servicio así planteada implica una co-construcción entre los diferentes actores de la situación, y esta se fundamenta en la consolidación de intereses comunes. Para el agente significa enfrentarse a una situación que solicita una alta inversión de capacidades cognitivas para relacionar un conjunto de datos, evaluarlos y elaborar programas de actuación que en alguna medida garanticen el cumplimiento de las metas. El éxito de estos programas depende simultáneamente de establecer buenos vínculos con los actores implicados en la situación.

Todo ello significa, como se ha mostrado, que la relación de servicio se construye paulatinamente, el vínculo entre agente de ventas y actores de la situación (clientes, fuerzas de ventas, colegas, mercaderistas, áreas de apoyo) es un componente esencial para el éxito del trabajo. De esta manera, el desarrollo de instrumentos que permitan agilizar la gestión se refiere a la simplificación de procedimientos, al acceso continuo y oportuno de información, a un apoyo extendido de las diferentes áreas en la labor de preparación de documentos, y a un apoyo continuo en la gestión externa.

4.4. Caso IV. Intervención ergonómica orientada a la estandarización de procesos de fabricación

4.4.1. Metodología empleada en la intervención

El estudio se desarrolla tomando como unidad de análisis la sección de prensas de una planta metalmecánica. Para el análisis se han abordado los diferentes aspectos de la producción, interesándonos especialmente en los procesos de fabricación y transformación relacionados con los componentes para productos electrodomésticos.

Para una mejor comprensión de la problemática se ha dividido el estudio en tres componentes:

1) Se estudian los problemas y dificultades asociados a la gestión y programación de la producción, para lo cual se observan y estudian los aspectos relacionados con la planeación y distribución en los procesos de fabricación, y se estudian las contingencias y dificultades asociadas a esta gestión que surjan internamente o externamente a la unidad de análisis seleccionada.
2) Se estudian los procesos de fabricación, las etapas de transformación y tratamiento de las materias primas hasta la conformación de las piezas, identificando las diferentes problemáticas que afecten el cumplimiento de estos procesos.
3) Finalmente se estudian las divisiones operacionales de la empresa que establezcan vínculos con la unidad de análisis, con el objetivo

de determinar los elementos de interdependencia y los elementos que puedan alterar el funcionamiento del área de prensas.

El estudio se realiza siguiendo dos niveles de intervención sucesivos: macro (la organización) y micro (la unidad de prensas), los cuales tienen como objetivo determinar los elementos de un modelo de estandarización para el proceso de prensado. Para ello hemos abordado en el estudio del área de prensas los tres componentes básicos de su funcionamiento, así:

a) Se estudian las variables asociadas a la ejecución de programas de producción, con el objetivo de definir cómo son gestionadas y cómo se establecen las prioridades que regulan el funcionamiento operacional.
b) El análisis de los procesos de fabricación nos permite identificar los problemas asociados al número de piezas y de pasos a realizar por pieza. Se establece cómo estos afectan el desarrollo de los procesos de fabricación del conjunto de piezas programado.
c) Finalmente, se estudian los procedimientos llevados a cabo para la ejecución de los procesos, lo cual nos posibilita conocer cómo están encadenadas las acciones y cómo se producen las secuencias de acuerdo al tipo de pieza en proceso. De esta manera se puede identificar el conjunto de acciones esenciales y las acciones adicionales desarrolladas, así como las exigencias de control necesarias para obtener las piezas en las condiciones de calidad esperadas.

El estudio de estos tres componentes permite identificar los elementos de la situación de trabajo a nivel de gestión y a nivel operacional, lo cual conduce a considerar el conjunto de factores externos al área de prensas que afectan su funcionamiento, así como el conjunto de factores internos de orden funcional, operacional y en general de orden ergonómico que de una u otra manera afectan la ejecución de las acciones y procedimientos del proceso. Podemos así conocer el modelo de funcionamiento de esta área y determinar las diferentes fases de estandarización que es necesario desarrollar.

4.4.2. Modelo de análisis

El modelo de análisis de esta unidad de producción se construye a partir del análisis ergonómico del trabajo (EAT), el cual toma al operario y a los diferentes actores como ejes centrales para identificar la problemática, las variables en juego y las implicaciones de las acciones individuales y colectivas. En esta perspectiva, se considera que es necesario estudiar no la tarea y el trabajador separadamente, sino el trabajo en su conjunto, con el fin de determinar las posibles soluciones ergonómicas al proceso de producción: "Para un sistema supuesto constante en las exigencias de la tarea, las secuencias y actitudes operacionales pueden variar en proporciones considerables de un individuo a otro y de un momento a otro para el mismo individuo [...] Los azares en el desempeño están en relación directa con el grado de indeterminación de la tarea y son llamados a reducirse bajo condiciones en que las exigencias de la tarea se manifiestan oportunamente al trabajador por índices e informaciones fidedignas" (Hubault, 1996).

4.4.3. Principios teóricos que guían la intervención

De acuerdo a las expectativas expresadas para el mejoramiento de las condiciones de trabajo y de producción del área de prensas, se presentan algunos principios teóricos que tienen estrecha relación con el objetivo de estandarización buscado por la dirección de la planta de metalmecánica. Entre las diferentes opciones de estandarización se encuentra la tecnología de grupo, que es un método de organización destinado a la fabricación de piezas en pequeños lotes o en series medianas.

Este método busca en una primera etapa constituir "grupos de piezas" que presenten similitudes en forma y en métodos de producción; en una segunda etapa, trata de especializar las máquinas y los hombres en función de su utilización para uno o varios grupos de piezas, así como implantar las máquinas en el orden de su utilización. La tecnología de grupo reposa sobre la idea de que en lugar de dar soluciones diferentes a problemas idénticos o vecinos, se pueden reagrupar estos problemas y aportar soluciones únicas optimizadas, economizando así tiempo y energía.

La tecnología de grupos también permite reducir los plazos de diseño gracias al almacenamiento sistemático de los planos de las diferentes piezas, esto

facilita al diseñador la búsqueda de lo existente. La constitución de una base de datos de productos y procedimientos es un factor de integración eficaz para la planta, que obliga simultáneamente a un proceso de aprendizaje de las características técnicas particulares de la producción. En el proceso de estandarización se debe proceder de manera sistemática, para ello se deben seguir tres niveles, así:

4.4.3.1. Primer nivel de estandarización

La aplicación de la tecnología de grupos debe, en efecto, permitir la reducción del número de planos, favorecer la creación de planos tipo y proponer a los diseñadores la reutilización parcial de datos sobre piezas existentes, introduciendo la noción de costo de industrialización, y así orientar el proceso de producción hacia la solución más económica. Esto contribuye evidentemente a la reducción de los tiempos de ciclo, debido a la reducción del número de piezas a fabricar y a la especialización de los componentes y grupos de productos en función de utilidades similares. La homogeneización de componentes contribuye significativamente al proceso de gestión interna de las unidades de fabricación y procesamiento, y de igual forma reduce el numero de herramientas de trabajo y de troqueles, todo lo cual redunda en un ahorro significativo de tiempo en el ciclo del producto y en la fabricación de componentes, un objetivo prioritario en la empresa.

4.4.3.2. Segundo nivel de estandarización

Concierne a la preparación del trabajo, se trata de iniciar un programa de gama que corresponda a una sub-familia de piezas. El grupo de trabajo busca definir para cada tipo de pieza las rutas óptimas, es decir el encadenamiento óptimo de las fases operatorias. Este trabajo contribuye a homogeneizar los métodos de fabricación. El encargado de la preparación debe redactar y diseñar las fichas de instrucciones que desarrollan cada fase de la gama. Se debe tener en cuenta que cuando un procedimiento de fabricación o un troquel cambia, el conjunto de gamas de piezas que sean susceptibles de utilizar estos cambios puede ser modificado rápidamente.

El análisis profundo de la actividad de los programadores de la fabricación permitirá ver su disponibilidad para resolver problemas complejos de la fabri-

cación, y seguir la evolución tecnológica por medio de soluciones nuevas que mejoren la productividad.

4.4.3.3. Tercer nivel de estandarización

La estandarización de gamas conlleva la estandarización de procesos operatorios, de tal manera que la utilización de la tecnología de grupo facilita considerablemente la puesta en funcionamiento de líneas de productos. Se puede, en efecto, identificar las familias de piezas utilizando las mismas secuencias de operaciones, estableciendo al tiempo la distribución de las máquinas y el orden en el que intervendrán sobre una o varias gamas.

La tecnología de grupo aparece como una técnica de reorganización de las áreas de fabricación, que será más eficaz para reorganizar las líneas de productos optimizados si las gamas han sido concebidas con el máximo rigor. Esta reorganización de la producción permite una aceleración del ciclo de fabricación por la reducción de trayectos, manipulaciones y fases de almacenamiento.

4.4.4. Flexibilidad integrada y estandarización

En razón de las características de demanda externa de los servicios de la planta de metalmecánica —la diversidad de solicitudes a las cuales se debe responder— se hace necesario también considerar junto a la estandarización el concepto de flexibilidad, el cual tiene que ver con el conjunto de recursos y medios que son propiedad de la estructura del sistema de producción. La flexibilidad se define como *la actitud de la organización para construir y desarrollar en el tiempo una capacidad colectiva de adaptación y anticipación*. La estructura y la organización serán más flexibles en la medida en que puedan reducir su complejidad, simplificar sus procedimientos, su configuración y herramientas.

La experiencia muestra que la flexibilidad depende sobre todo de la calidad del conjunto de la organización, de la capacidad de los "planes de programación" para aceptar variaciones menores y ser reconfigurados simplemente. Entre más la organización esté absorbida por una complejidad interna no manejada, menos será capaz de ser reactiva respecto al entorno. La flexibilidad conduce a repensar los productos y los procesos, a modularlos y simplificarlos, lo cual pro-

duce globalmente una disminución de los costos. De igual manera pasa con la reducción de plazos de entrega.

La flexibilidad implica simultáneamente tres niveles:

1. El producto. Una definición adaptada del producto puede favorecer considerablemente la flexibilidad, por ejemplo por la modularidad de sus componentes.
2. El proceso. Se considera globalmente, desde el estado de desarrollo hasta el de la distribución.
3. Las formas de manejo de los flujos y el control de los desempeños.

Esta flexibilidad puede ser concebida como una propiedad de la estructura y de la organización de un sistema de producción: "La organización flexible es una organización capaz de aprender, y donde el aprendizaje se construye en términos de manejo de eventos y no solamente en la ejecución de operaciones" (Castillo, 2002).

Por estructura o morfología se entiende la configuración de base de la red de operaciones y de medios de producción (tamaño, especialización e interrelación de las secciones de las diferentes divisiones de la empresa, etc.); mientras por organización se entiende el sistema social que soporta esta estructura (actores, interacciones, comportamientos, representaciones).

Por ende, en la flexibilidad la capacidad para ordenar y manejar los eventos se constituye en el núcleo cotidiano de la actividad de trabajo, pero este núcleo no está formalizado. En la perspectiva de la flexibilidad la noción de evento puede considerarse en dos niveles:

1. Una versión restringida del "evento" es la de azar de origen interno o externo que demanda una reacción rápida y eficaz.
2. En el sentido más amplio el evento puede ser también el lanzamiento de un nuevo producto, la situación económica o una modificación en un proceso.

Se debe observar que la gestión de los eventos que cotidianamente se producen debe ser objeto de seguimiento y análisis, con el objetivo de obtener un

retorno de información de las dificultades propias del proceso que no han sido comprendidas o consideradas en la programación de la producción.

4.4.5. Análisis del proceso existente

En este apartado el análisis se desarrolla sobre dos aspectos: en primer lugar, hace referencia a un estudio del proceso de gestión que se lleva a cabo en el área de prensas para asegurar la ejecución de los programas de producción planteados por la dirección de planta. En segunda instancia se desarrolla el análisis de las variables que afectan el desarrollo de estos programas durante el proceso de fabricación.

4.4.5.1. Programación de la producción

De acuerdo a lo establecido en las proyecciones hechas por el área comercial y a las existencias presentes de las diferentes referencias de productos, se desarrolla un programa de producción, de tal manera que se articule con las demandas de otras unidades de fabricación (clientes internos para los cuales se desarrollan productos y componentes específicos, que vienen a aumentar los ítems de programación de la planta de metalmecánica). Este programa permite planear y gestionar el ordenamiento de procedimientos que deben cumplir los componentes durante el proceso de fabricación, teniendo en cuenta la disponibilidad de las máquinas, su capacidad de procesamiento y las necesidades de sincronización con el área de ensamble y con los clientes internos.

A partir del Programa General de Producción - PGP, que es desarrollado por la dirección de la planta, se realiza el plan de ejecución en la sección de prensas. El PGP integra las consideraciones relativas al ordenamiento de la producción de acuerdo a las solicitudes de los clientes internos y a lo que ha sido fijado por el departamento comercial; este programa establece los objetivos mensuales o quincenales en términos de unidades a fabricar que se agrupan en lotes. La programación es desarrollada de manera escalonada, y se establecen días fijos para su realización, de tal manera que el número de productos a fabricar es ordenado en secuencia.

4.4.5.2. El plan de ejecución

Se fundamenta en la gestión interna que debe desarrollar la sección de prensas para controlar y hacer frente a las contingencias y variaciones diarias que

alteren el ciclo de fabricación. Este plan tiene como objetivo alcanzar las metas establecidas en el PGP, para lo cual se debe considerar el número de variables internas y externas que afectan el cumplimiento del programa. En el diseño del plan de ejecución se deben gestionar adicionalmente estas variables con el objetivo de establecer prioridades que permitan el cumplimiento escalonado de los objetivos del PGP. El plan debe diseñarse observando las necesidades externas que se manifiestan día a día, por ejemplo: cambios no esperados en los programas de ensamble, cambios no previstos en las solicitudes de los clientes internos, o cambios en las propiedades de las materias primas. De igual manera se debe considerar la disponibilidad de máquinas y herramientas de fabricación, que depende del estado técnico funcional y operativo de estos elementos, así como de la programación preestablecida para cada una de las máquinas.

El diseño del plan de ejecución obedece a la evaluación que realice el supervisor de las variables externas, teniendo en cuenta el número de partes o piezas a fabricar (más de novecientas diferentes referencias),[13] que corresponden a un número superior a dieciséis productos, sin olvidar que para cada producto hay referencias diferentes que cambian en número de piezas que lo componen y en las características morfológicas finales. De igual manera se debe hacer seguimiento continuo del estado de las máquinas y equipos; como ya se mencionó, se deben considerar las re-programaciones que realicen las unidades de logística y planeación, la disponibilidad de la información técnica para la fabricación de las partes y la disponibilidad de operarios para la fabricación y desarrollo de prototipos.[14]

Paralelamente se deben considerar las variables internas como un componente del funcionamiento particular de esta sección, entre las cuales se encuentran las relacionadas con la gestión de las partes a fabricar. Aquí se debe evaluar y planear la secuencia de fabricación en función del número de pasos por pieza, de la duración del ciclo, de la semejanza entre piezas y componentes, con el objetivo de establecer el ordenamiento en el ciclo diario de fabricación; esto significa fijar prioridades según los criterios derivados de los programas externos

[13] Se denomina referencia a un componente que posee características formales y funcionales específicas y bien diferenciadas.

[14] Son unidades únicas de un producto, que se fabrican con fines experimentales específicos.

e internos y de la disponibilidad técnica de los equipos y troqueles. Determinar "prioridades" significa tomar decisiones para establecer cómo se deben ordenar las secuencias de fabricación de las partes; en algunas ocasiones esto significa prescribir, dependiendo el estado de los equipos y herramientas o de sus características, si una pieza debe ser fabricada siguiendo un proceso parcial, en dos ciclos o en un ciclo con la ejecución de un re-trabajo.[15] De igual manera, se debe evaluar el estado de la materia prima, sus especificaciones dimensionales y de espesor, para fijar el ciclo y los procedimientos a seguir en la fabricación.

En estas decisiones influye de manera importante la disponibilidad de los operarios, especialmente en lo relacionado con su nivel técnico de formación, el cual tiene una influencia importante cuando ellos deben hacer frente a las variaciones en los procedimientos. Es importante anotar que el operario debe disponer de un saber técnico específico que le permita hacer frente a los disfuncionamientos (alteraciones temporales en el funcionamiento de un equipo) y alcanzar las metas de producción a pesar de la presencia de estos. Otra fuente de variación que influye de manera significativa en la determinación del ciclo del proceso de una pieza es la disponibilidad de información técnica que permita establecer criterios de conformidad de la pieza (por ejemplo, algunas piezas no poseen planos), así como los cambios de diseño que puedan alterar las características finales de un conjunto o de un producto.

4.4.5.3. Estrategias de trabajo identificadas

El análisis desarrollado permite poner en evidencia que el número de variables a gestionar para establecer y para conducir el plan de ejecución es complejo. En un día normal se pueden tener programadas treinta y dos piezas a fabricar, con diecinueve prioridades (60% del plan de ejecución del programa es prioritario), las cuales pueden cambiar en el curso del día si aparecen alteraciones en el funcionamiento de un equipo o si es necesario desarrollar componentes para un prototipo; el proceso también se ve afectado si se deben realizar tareas no programadas ni previstas (por ejemplo, realizar el corte de materia prima debido a

[15] Se denomina retrabado al proceso de finalización de una pieza que ha sido fabricada con una herramienta que funciona parcialmente.

una urgencia de producción), lo que significa modificaciones en la organización temporal para el ordenamiento establecido.

La conjunción de estas variables exige al supervisor el diseño y aplicación de estrategias de fabricación. Para el cumplimiento del plan de ejecución se deben poseer herramientas de gestión que permitan actuar de manera rápida y eficaz ante cualquier alteración en el funcionamiento técnico-operativo de la sección, para ello se necesita un conocimiento amplio y preciso de qué acción tomar para asegurar el cumplimiento de las metas. Así, para poder cumplir con las prioridades establecidas se deben tomar decisiones respecto a cuándo y cómo utilizar cada una de estas estrategias; a continuación se presentan resumidas las principales estrategias identificadas en el análisis del proceso de diseño de un plan de ejecución.

4.4.5.4. Escalamiento de procesos

Esta estrategia se aplica cuando se alcanza el número de piezas programado de una referencia sin problemas de operación y funcionamiento, por ello, si hay una pieza que no se ha logrado producir por daño en la máquina asignada, o si ha aparecido una prioridad no contemplada en el plan inicial, se decide escalar, es decir fabricar esta pieza alterando de manera temporal el plan inicialmente establecido, y una vez se completa el lote o la serie se retoma el programa preestablecido. Es importante anotar que esta estrategia se usa cuando, por ejemplo, el material para la pieza siguiente en el plan inicial no ha sido cortado, lo cual permite fabricar otra que tenga el material disponible.

De igual manera esta estrategia se utiliza cuando se debe fabricar una pieza como prioridad y se conoce de antemano que la máquina libre puede fabricarla de manera eficiente y rápida. Esta estrategia se usa también para la fabricación de los componentes de prototipos en desarrollo.

4.4.5.5. Detener un proceso

Esta estrategia se aplica de manera específica cuando se presenta un daño en un troquel o herramienta, razón por la cual se decide iniciar un nuevo ciclo con otra pieza; también se aplica cuando existe una solicitud urgente: en estos casos se convierte en una decisión crítica, ya que significa detener una serie, desmontar la herramienta y asumir el tiempo adicional de montaje y desmontaje

para el troquel que posibilita el proceso de la pieza. Este tipo de estrategia tiene un costo de tiempo mayor, que altera de manera significativa el desarrollo del plan de fabricación.

4.4.5.6. Secuenciación[16] de procesos

Esta estrategia se utiliza con menor frecuencia debido al número de alteraciones de programación y de funcionamiento que implica. Se utiliza cuando *no* se presentan nuevas prioridades y el programa de fabricación del lote se cumple sin variaciones ni inconvenientes. Es importante anotar que igual un proceso se puede secuenciar de acuerdo al plan inicial, asumiendo que a una pieza se le pueden realizar procesos en ciclos posteriores o re-trabajos debido a daños o averías de las herramientas o cambios en las características de la materia prima. La secuenciación de los procesos no significa que en todos los casos el resultado final salga de acuerdo a las especificaciones, en algunas ocasiones se deben realizar operaciones adicionales.

El estudio de estas estrategias permite ver que para poder implementar el programa de producción es necesario que se gestione un conjunto de variables diferentes, para lo cual se debe disponer de herramientas que permitan la ejecución del programa. Estas herramientas, como se ha mostrado, son estrategias de articulación de producción de piezas y componentes bajo un esquema de programación y disponibilidad flexible, esto significa, según se ha dicho, que el plan de ejecución debe desarrollarse conforme a la dinámica del proceso, así como a la manera en que se desarrollan los eventos relacionados con los cambios en programación.

Esto implica que el plan de ejecución se debe redefinir en la medida en que las prioridades cambian. El desarrollo del programa y la planeación del plan de ejecución integran las informaciones diarias respecto a las variaciones que se producen en corte, almacén, ajuste, acabados, ensamble, diseño y realización de prototipos; estas variaciones producen ajustes en el ordenamiento de ejecución del programa, lo cual implica el rediseño o actualización de los programas específicos en las unidades de corte y de fabricación.

---

[16] Secuenciar significa introducir piezas en una secuencia de acciones que permite cumplir parcialmente la fabricación de la pieza, lo cual supone realizarla en diferentes pasos aprovechando tiempos inactivos de operación.

El programa de corte se ve afectado cuando hay cambios de programación, debido a las dificultades en los procesos de montaje y ajuste dimensional del tren de corte. Para anticiparse a estas demoras y desajustes en el programa individual, se realizan estrategias de gestión que permiten realizar o adelantar órdenes de corte a partir de recortes de lámina que se producen al finalizar un rollo o al realizar un corte dimensional de la lámina. En estos casos quedan segmentos que son aprovechados para obtener láminas dimensionadas para piezas pequeñas; esta estrategia permite avanzar en el desarrollo del programa obviando la solicitud y espera del material del almacén de materias primas. Es importante resaltar que de estos recortes o tiras no existe un seguimiento sistemático ni un inventario de existencias, los encargados del área de corte conocen qué material puede ser usado; este material es un elemento importante en la fabricación de piezas pequeñas, ya que permite obtener un buen número, por ello es difícil determinar la cantidades de piezas pequeñas fabricadas y cuando se realizan con troqueles progresivos es aún más difícil cuantificarlas.

Se debe observar la importancia y valor de los intercambios de información que se dan entre el supervisor del área y el monitor de corte, ya que de ellos se obtiene información que permite establecer el ordenamiento de fabricación de acuerdo a la disponibilidad de materia prima ya cortada, a la disponibilidad de los equipos de corte y al conocimiento en la adaptación de materia prima para la fabricación de una pieza específica. Finalmente, cabe recalcar que factores como la realización de prototipos y la ejecución de órdenes de corte de otras plantas perturban la ejecución del programa de corte.

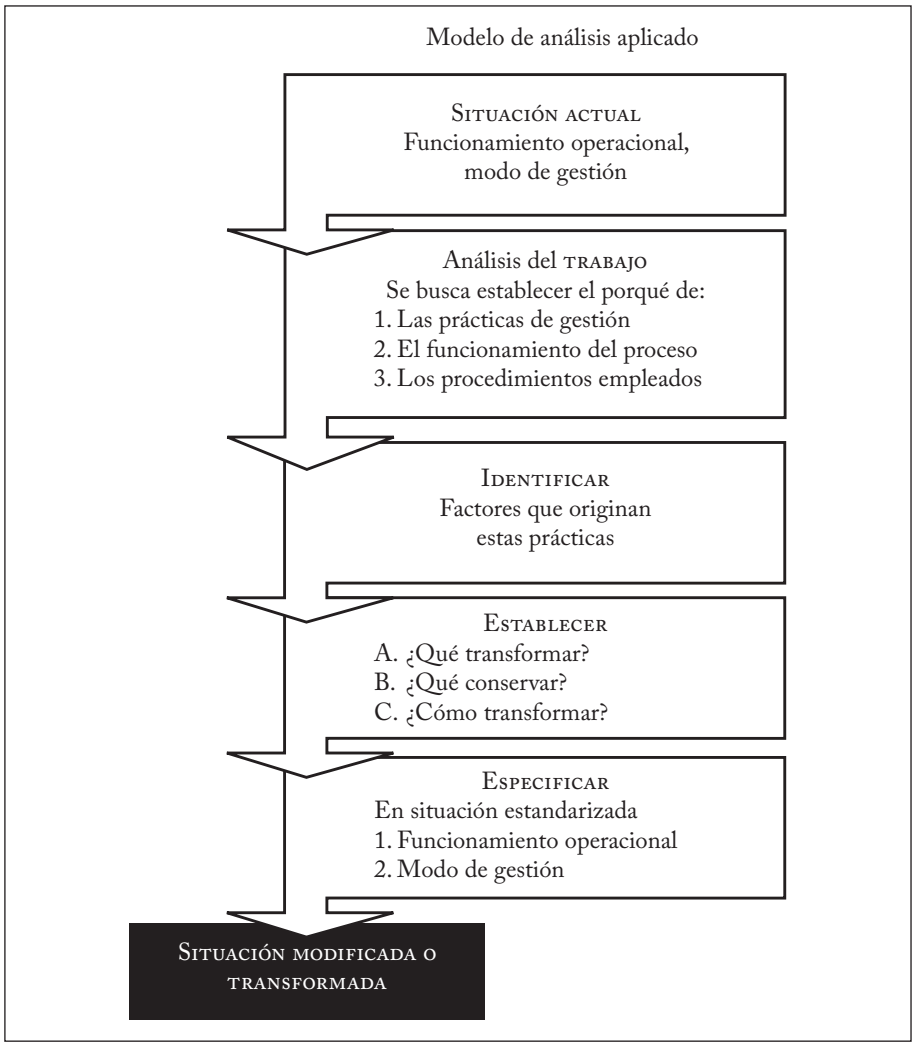
4.4.6. Primera conclusión

De acuerdo al análisis desarrollado hasta aquí se identifica una diferencia en el manejo y control de los tiempos de producción, es decir, la dinámica de programación general difiere de la dinámica de ejecución, lo que es característico de los sistemas de producción no estabilizados o que utilizan tecnologías híbridas.[17] Esto ocasiona que el plan general de producción, al ser evaluado en términos

[17] Por tecnología híbrida entendemos la integración de equipos y procedimientos con diversos grados de sofisticación tecnológica (un sistema de procesamiento mecánico precede o se interconecta a un tratamiento automatizado).

de logros de objetivos por fecha, difiera del plan de ejecución, que funciona en términos de realización, de pertinencia, disponibilidad de equipos y de materia prima. Se observa que en el desarrollo del plan de ejecución el número de variables y de información necesaria para mantenerlo sincronizado exige una actualización constante y en tiempo real de la manera como evoluciona el desarrollo de los procesos de corte y de fabricación.

Gráfico 41. Secuencia de análisis empleada en el camino para definir qué puede ser estandarizado en un proceso de producción, a partir del análisis y comprensión de las actividades desarrolladas por los individuos



Este factor implica que el número de variables consideradas en el plan de ejecución es mayor que en el PGP, por lo que aquel debe ser más cercano a la realidad de funcionamiento operacional de la planta y de los clientes internos, lo cual significa hacer frente a variedad de contextos y tomar un mayor número de micro decisiones y decisiones que las consideradas inicialmente en el PGP. Así, toda preparación de una decisión conlleva una fase de análisis de la situación (análisis de contexto) por parte del supervisor de la sección. Este análisis comprende un diagnóstico y un pronóstico: el diagnóstico busca analizar el sistema de exigencias y variables a tomar en cuenta en ese instante, que tienen efecto sobre la decisión, y busca definir la pertinencia de las posibles decisiones admisibles respecto a las exigencias de la situación.

El pronóstico busca verificar la pertinencia de las decisiones posibles desde el punto de vista de su viabilidad: "Prever antes de poner en marcha una decisión" (Faverge, 1978). Esta preparación reposa sobre el intercambio de informaciones que se debe realizar, y puede ser impuesta cuando se debe obtener una autorización para decidir, o bien dejarse a la discreción de cada jefe de sección o área: en el caso de la unidad analizada encontramos que la mayoría de estas decisiones son negociadas, teniendo en cuenta la disponibilidad interna de los medios de fabricación en prensas y las exigencias externas de producción; de esta manera, el supervisor o jefe de prensas debe autorregular su proceso de acción de manera autónoma (plan de ejecución), regulación que se traduce en particular en las modificaciones del horizonte de ejecución de un lote a fabricar, en función del tiempo necesario para realizarlo, en un momento dado.

En conclusión, la gestión de la producción tiene como rol la búsqueda de una organización en el tiempo del sistema de producción (engloba todas las etapas pre y post del proceso) entre los diversos aspectos que recubre la gestión de la producción. Es necesario en este caso estudiar detenidamente la organización y la gestión del trabajo en el corto término, donde se sitúa la función del ordenamiento.

Esquemáticamente se puede decir que el problema del ordenamiento de la producción consiste en determinar quién debe hacer qué, y cuándo. De manera más precisa, el ordenamiento organiza en el tiempo la realización de actividades

(operaciones), tomando en cuenta las dificultades que aparecen en la ejecución temporal de estas y la disponibilidad de los recursos necesarios para la fabricación. Así, el plan de ejecución debe considerar los grados de libertad necesarios para reaccionar ante las perturbaciones propias del sistema de producción, considerando el carácter altamente dinámico del área de prensas analizada.

4.4.7. Análisis del proceso de fabricación

La fabricación de piezas y componentes en prensas se lleva a cabo a partir de la ejecución de una secuencia de pasos que permiten transformar la materia prima en un producto que corresponde a unas especificaciones técnicas. Para lograr esto se considera la diversidad de piezas, la afinidad entre ellas y las condiciones de las herramientas con las cuales deben ser fabricadas.

Este proceso de análisis permite establecer el orden de pasos que debe seguir cada pieza y los ciclos que debe cumplir dentro del sistema de producción, esto implica tener en consideración factores tales como: si una pieza debe ser pintada antes de llegar a ensamble establece una prioridad en el proceso de fabricación, ya que el ciclo de esta pieza dentro del sistema será mas largo; por el contrario, las piezas pequeñas pueden ser fabricadas justo antes de iniciarse el ciclo de ensamble, o se anticipa la producción de una referencia de producto y se fabrica en mayor cantidad para constituir una reserva que permita fabricar otros componentes.

Es decir, la serie de pasos que deben realizarse a una pieza depende de la complejidad de estos, de la prioridad y de la disponibilidad de los equipos para ser ejecutados en el ordenamiento de fabricación; también se considera el estado de los troqueles, ya que cuando realizan pasos simultáneos en una pieza y una de las herramientas no puede ejecutar uno de tales pasos, se debe planear con anticipación el ciclo posterior que debe cumplir para terminar. Esto permite finalmente determinar cómo se han de agrupar los pasos según la pieza y cómo deben espaciarse de acuerdo a las prioridades establecidas.

Estas consideraciones permiten establecer unos criterios de manufactibilidad (posibilidad de fabricación, teniendo en cuenta estándares de calidad); estos criterios se fijan a partir de tres características, así:

a) Diseño del troquel. Establece la secuencia de operaciones para el montaje y determina las condiciones óptimas de operación. En algunos troqueles se observa que el diseño de la secuencia de alimentación dificulta mantener el control visual y coordinar la ejecución de la operación, a veces es necesario el diseño de elementos adicionales que ayudan a la estabilización de la pieza o que protegen el troquel para evitar accidentes; en algunos casos se observan dificultades para coordinar la ejecución de la operación y el proceso de alimentación. Además se observa que el uso de aditamentos (mesas) para estabilizar las piezas que deben ser procesadas, en algunos casos provoca un aumento en la distancia que existe entre el operario y el lugar donde se realiza la operación sobre la pieza, esto reduce el campo de control visual y el nivel de precisión para el posicionamiento de aquella. El posicionamiento del operario respecto a la zona de operación de la pieza es una variable importante para obtener piezas de acuerdo a las especificaciones de calidad y técnicas. En el procesamiento de piezas pequeñas se observa el uso de elementos guía que estabilizan su posición, estos elementos aparecen en algunos casos en razón del tamaño de la pieza (pequeña dimensión). Se debe tener en cuenta que el uso de estos elementos aparece como producto de un diseño insuficiente de la secuencia de acciones que permiten obtener la pieza en conformidad, o por la segmentación excesiva de pasos para fabricar estas partes. El uso de estos elementos, de igual manera, reduce la posibilidad de precisión y aumenta la posibilidad de rechazo, ya que en algunos casos es muy difícil garantizar la horizontalidad o verticalidad de la guía respecto a la pieza y troquel, de manera que se afecta la ejecución de la operación. Otro aspecto a observar es la dificultad para maniobrar con piezas pequeñas, pues se presentan problemas para ubicarlas y mantener el control visual de su posición.
b) Materia prima. La presentación y las características de la materia prima utilizada tienen consecuencias para el desarrollo de los procedimientos de fabricación y para la elaboración de las piezas. Además, el uso de materia prima no conforme puede traer como consecuencia la ejecución de procedimientos adicionales a los ya desarrollados por los tra-

bajadores; estos procedimientos afectan no solamente a los operarios de prensas, también afectan las operaciones de corte y de doblado. El uso de materia prima implica a su vez períodos de experimentación o prueba para determinar si la pieza puede ser fabricada o no; también se estudia si debe ser realizada en una máquina o si se deben eliminar acciones del troquel y desarrollar pasos en otras máquinas y con troqueles adicionales.

Como se ve, el cambio de materia prima aumenta el tiempo de repuesta y amplía el ciclo de proceso. Un cambio en las especificaciones de dureza, espesor o acabado afecta el desarrollo de los sub-procesos de fabricación, y plantea cambios no previstos en la planeación diaria y en las proyecciones. Así mismo, conlleva la necesidad de llevar a cabo una pieza en una secuencia de pasos ampliada, es decir, planear de acuerdo al comportamiento de la materia prima (si se usa lámina de menor espesor, es necesario probar hasta encontrar el punto en el cual la pieza puede ser fabricada sin que se alteren sus características). Esto puede implicar el uso de materiales accesorios (cortes de plástico) y la adaptación de troqueles y de herramientas para lograr la conformación final de la pieza, y aumentar así el número de veces que debe ser movilizada dentro de la sección y el número de veces que debe ser manipulada.

c) Tipo de pieza. Existen diferencias en las condiciones exigidas para la fabricación de cada pieza. Algunas exigen grados diversos de precisión y de coordinación en las secuencias de operaciones. De igual manera, estos factores se relacionan con el diseño del troquel y co-determinan la ubicación del operario con respecto a la pieza y al troquel.

4.4.7.1. Problemas identificados

En el proceso de fabricación se pueden presentar una serie de alteraciones que traen consecuencias en las piezas; estas alteraciones se pueden asociar al número de operaciones que se deban realizar a la pieza en proceso, el cual está relacionado con la disponibilidad de las máquinas y con el diseño de las herramientas que deben cumplir las operaciones. Para cada una de las operaciones se encuentran, en algunos casos, disponibles un troquel y herramienta diferentes.

Así mismo, el tiempo de montaje de un troquel varía en función de las características de la pieza y el tiempo de operaciones aumenta o disminuye de acuerdo al número de pasos que deba realizar el troquel en ella. De acuerdo a esto, la programación de una pieza está relacionada con el número de operaciones que se deban ejecutar y con los procesos posteriores que deba pasar antes de llegar a ensamble.

Por cada pieza y troquel existe una diferencia entre el tiempo estándar asignado al montaje y el tiempo real para llevarlo a cabo. La diferencia aumenta de acuerdo al estado de las herramientas y al estado de cada uno de los componentes del troquel. Algunas de las causas identificadas y vinculadas con devolución de piezas son: agujero corrido, medida corta, manchas, corte, golpeados, falta de agujero, torcida, medida ancha, rota, sin destijere, hueco grande o hueco pequeño, doblada, despegada, desoldada, rebaba, sin embutir, embutido corrido. Estas alteraciones en las características finales pueden asociarse a un disfuncionamiento vinculado al proceso, a la operación o al procedimiento que se debe ejecutar para fabricar la pieza.

Estas causas se asocian a ciertas condiciones de disfuncionamiento del proceso, que pueden ser:

a) Desajustes en el proceso. Puede aparecer una alteración en la carrera de desplazamiento del troquel, en la eficiencia funcional y operativa de las herramientas de proceso; pueden presentarse escapes de líquidos en la máquina que afectan las presiones de prensado, o disfuncionamientos de herramientas del troquel inicial, que ocasionan un proceso adicional en otra máquina.
b) Manipulación y/o transporte. Los recorridos internos que debe hacer el material para el proceso ocasionan que este deba ser almacenado temporalmente. Para suplir esta necesidad en épocas de alta productividad no se dispone de espacio. Cuando se deben completar pasos en una pieza que ha sido ya procesada en otro troquel, se genera un mayor número de manipulaciones, transportes y almacenamientos.
c) Posicionamiento de la pieza. Debido a la falta de dispositivos que puedan garantizar la horizontalidad y verticalidad de las piezas sobre la

mesa de trabajo en la prensa, al ejecutar una operación (roscado, perforado, doblado) se presentan desviaciones o alteraciones en la posición, a esto se debe sumar que en las piezas de dimensiones pequeñas la posibilidad de posicionamiento y exactitud disminuye considerablemente.

d) Pruebas iniciales. En el proceso de ajuste la realización de pruebas se puede ampliar en razón de las dificultades para alcanzar las condiciones de calidad. Estos alargamientos están asociados a las características de la materia prima, al funcionamiento de la máquina o al funcionamiento del troquel, y ocasionan que al completar un lote se deban incluir algunas piezas que se encuentran en los límites de tolerancia y aceptabilidad.
e) Material no apropiado. Se presenta cuando la materia prima no es la especificada para la fabricación de la pieza, por razones de suministro. Este cambio implica el aumento de operaciones en el proceso de troquelado (adicionar suplementos de plástico) para obtener la pieza en condiciones de calidad.
f) Defecto por herramienta. Se presenta en algunas piezas cuyos troqueles poseen herramientas diversas, que tienen como objetivo la ejecución simultánea de pasos o procesos en la pieza. En algunas ocasiones, una de estas herramientas falla (por ejemplo, punzonado), lo que ocasiona re-procesos o re-trabajos.
g) Re-procesos. Cuando no se cumple el número de pasos en una pieza al pasar por un troquel (por ejemplo, estampado de un logo), esta debe ser pasada en segunda instancia por una máquina de menor tonelaje para realizar el proceso específico; al momento de realizar esta acción se pueden presentar dificultades para posicionarla con presición debido a limitaciones de visibilidad o de guía. El grado de dificultad aumenta en función de las características de forma de la pieza, de su tamaño y de las características de la herramienta con la cual se desarrolla el proceso. De igual manera, cuando una pieza no alcanza a ser fabricada en conformidad debido a problemas asociados a las características del troquel o a la materia prima, se deben realizar re-trabajos manuales para dejarla en conformidad (eliminación de rebabas).

4.4.8. Principios de estandarización

4.4.8.1. ¿Qué estandarizar?

La optimización de los procesos y procedimientos de producción conlleva una homogeneización de los medios y recursos para alcanzar la eficiencia, es decir, es necesario desarrollar medios de control y herramientas de gestión que permitan el desarrollo de los ciclos de producción. Esto implica disponer u organizar los medios de tal manera que se pueda establecer un encadenamiento de acciones estables, tanto en la ejecución de tareas como en la transformación de una materia prima en un producto finalizado.

De igual manera, es deseable el desarrollo de un mecanismo de seguimiento y control pre-proceso del estado de herramientas, equipos y materias primas: esto significa el desarrollo de métodos de diagnóstico, pronóstico del porcentaje de uso y eficiencia, de tal manera que se puedan programar los pasos o procesos a seguir. Aquí es necesario considerar dos tipos de variables:

Variables pre-proceso del sistema de producción.

A. Disponibilidad técnica de equipos.
    1. Estudiar y predeterminar las piezas a procesar por equipo, garantizando eficiencia.
    2. Control de la disponibilidad operativa de equipos.
    3. Estudiar y predeterminar las posibilidades: operación/pieza/equipo, garantizando calidad.
B. Disponibilidad operativa de troqueles.
    1. Estudiar y predeterminar las posibilidades: operación/herramienta/acabado, garantizando eficiencia y calidad.
    2. Disponibilidad técnico/funcional de troqueles.
    3. Estudiar y predeterminar las posibilidades: precisión/pieza/proceso, garantizando calidad.

Variables socio-técnicas del sistema de producción.

A. Disponibilidad de saber técnico.
    1. Estudiar y establecer las necesidades de conocimientos previos por proceso/procedimiento.
B. Disponibilidad de espacios de gestión.
    1. Estudiar y establecer las posibilidades de toma de decisión acción/procedimiento.
    2. Disponibilidad de espacios de autonomía.
    3. Estudiar y establecer el grado y nivel decisional individual.
    4. Disponibilidad de información técnica.
    5. Estudiar y disponer las fuentes de información pieza/proceso/procedimiento.

Como se puede ver, el proceso de estandarización implica etapas de preestablecimiento de las condiciones de acción y de disponibilidad de los medios, de tal manera que los espacios de gestión y programación a diario sean eficientes y permitan alcanzar metas de producción dentro de esquemas previsibles y acordes a los programas pre-diseñados.

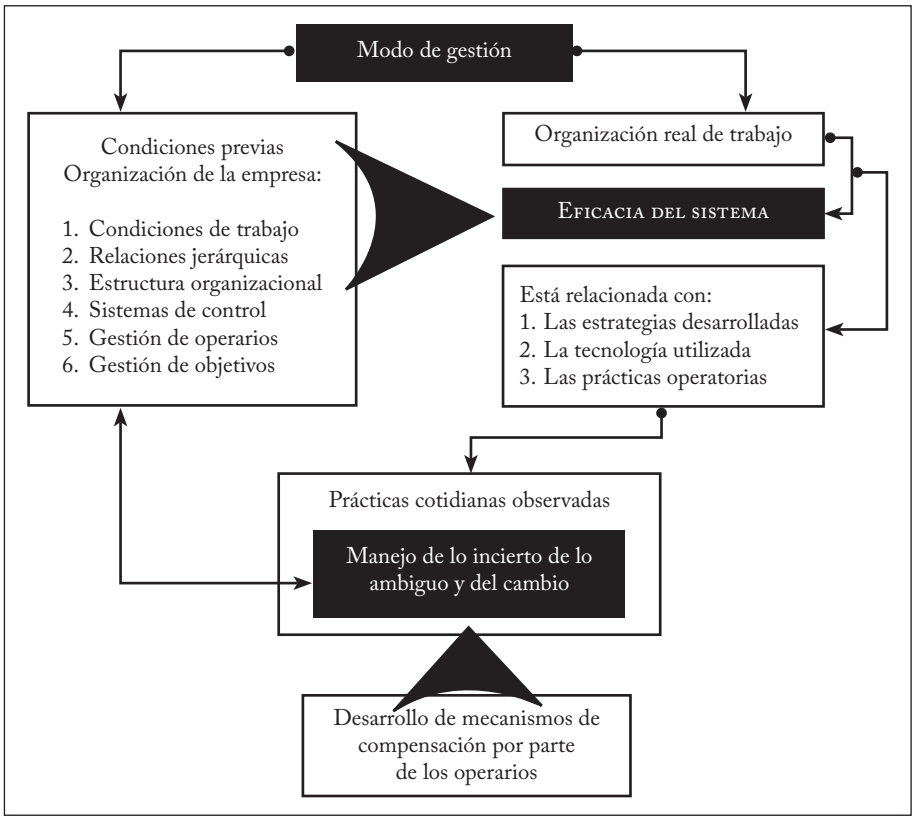
Estas herramientas invitan a una preparación activa, de tal manera que se pueda superar la programación de contingencia y reactiva, que privilegia prioridades de acuerdo a evaluaciones en tiempo real, pues este procedimiento impide el establecimiento de cadenas previsibles de proceso y altera la posibilidad de que el operario o trabajador pueda establecer secuencias de operación conformes a los estándares. El conocimiento previo de la disponibilidad de medios y herramientas, así como el establecimiento de medios e informaciones de gestión, permiten el desarrollo de planes de acción; es decir, la planeación de la producción se puede desarrollar por anticipación y con previsión de las posibilidades y capacidades del sistema de producción (prensas).

4.4.8.2. Principios guías

Al observar las herramientas desarrolladas para la programación actual del proceso de fabricación en prensas se identifican un cierto número de factores que es necesario estudiar con el objetivo de establecer un plan de acción que guíe la estandarización. El número de factores a controlar en el proceso de programación

de la producción tiene valores diferentes en relación con su nivel de criticidad; es decir, es necesario balancear o equilibrar estos valores en función de los márgenes de maniobra disponibles para alcanzar un resultado, por ello es necesario realizar cambios o desarrollar estrategias diversas de fabricación que otorguen la posibilidad de cumplir las metas en tiempos diversos.

Gráfico 42. La eficacia de un sistema de producción depende, desde el punto de vista de la gestión, del desarrollo de prácticas operatorias ajustadas a las incertitudes del sistema desde la perspectiva de gestión interna y desde la perspectiva operacional



Como se puede observar, el número de criterios a tomar en cuenta y sus combinaciones hace aún más complejo el proceso de programación. Esto tiene consecuencias indudables en la posibilidad de desarrollar secuencias de operación estabilizadas por parte de los operarios, ya que estos deben asumir cambios rápidos y efectuar procesos parciales sobre las piezas, dependiendo del estado de

las herramientas, o deben desarrollar nuevos procedimientos de acuerdo al tipo de material; la preocupación individual y grupal se centra en el cumplimiento del "objetivo" de producción, perdiendo en algunos casos el horizonte de eficiencia. Por ejemplo, la referencia Sg66 debe pasar por ocho etapas —pasos—, para lograr esto la pieza pasa por ocho máquinas hasta estar finalizada; cada operación es una sumatoria y permite la conformación progresiva del producto, es decir, cada proceso agrega una propiedad.

Es necesario tener en cuenta que esta es la secuencia preestablecida, y que puede variar si se presentan cambios en el estado operacional o funcional del troquel o de la máquina, lo que puede obligar a realizar ciertos pasos en etapas adicionales, en otras máquinas, con el objetivo que la pieza llegue en el menor tiempo posible.

Del mismo modo, el desarrollo del programa y la gestión de prioridades pueden hacer que se detenga temporalmente la secuencia de pasos de la pieza, bien sea por órdenes procedentes de otras dependencias o por problemas de gestión de material en el proceso de corte.

Es importante destacar el papel que puede desempeñar el *diseño* de las piezas o de los conjuntos de piezas en el proceso de estandarización, lo cual se puede ver en la diversidad de componentes generados por producto; es decir, existen piezas con principios funcionales similares de un producto a otro, pero estas piezas han sido pensadas en esquemas de fabricación diferentes. Esto complica aún más el proceso de estandarización, ya que si se quiere homogeneizar las secuencias de operaciones que desarrolla el trabajador y las que debe desarrollar el programador, se debe actuar en la reducción del número de piezas. De alguna manera, al tener un número tan grande de piezas con funciones similares pero con cambios en algunas de sus características físicas, se pierde el referente de calidad, el trabajador no puede conocer estos requisitos para piezas tan diversas que en la práctica se asocian a una misma función. Por ello, una de las tareas básicas en el proceso de estandarización es:

4.4.8.3. Estudio de pieza por función

Este estudio se debe desarrollar conjuntamente entre las áreas involucradas en el proceso de fabricación, con el objetivo de realizar un inventario de piezas que

puedan ser homologables en su función, y de estandarizar los procesos de fabricación, finalización y ensamble. Así se reduce en gran medida la complejidad en la gestión de la producción en prensas y se mejoran las condiciones de calidad obtenidas; de igual forma, se permite la posibilidad de establecer fichas técnicas de procedimiento por pieza, lo cual garantiza la eficiencia y calidad en el proceso de fabricación.

Indudablemente, este estudio implica un proceso de racionalización sobre los productos existentes y de igual manera posibilita la constitución de una base de datos o sistema de información sobre las piezas existentes, su función y características, que puede ser usado en procesos de diseño futuros para nuevos productos.

Este cambio en la cultura de fabricación interna debe permitir mejorar el cruce de información entre las áreas de fabricación y diseño, con el objetivo de pensar el escalamiento industrial del producto desde el momento mismo de su concepción. Esto redunda, indudablemente, en ahorro en el número de troqueles, número de piezas, cantidades de material, número de operaciones, racionaliza el uso de las herramientas y equipos y optimiza el proceso de ensamble y montaje de productos, con lo cual se obtiene una ganancia global de eficiencia en los procesos de fabricación y ensamble que se refleja en un aumento de la productividad.

4.4.8.4. Estudio de pieza por proceso

Este estudio debe realizarse para examinar las posibilidades de desarrollo de troqueles y herramientas de fabricación que incluyan en la medida de lo posible procesos de transformación completos; es decir, en la actualidad algunas piezas deben ser fabricadas realizando procesos manuales de posicionamiento, lo cual afecta el desarrollo de la operación y la calidad final de la pieza, y dificulta el cumplimiento de metas de productividad en el tiempo establecido. Es, por tanto, aconsejable desarrollar este estudio si se quiere eliminar el ajuste manual de guías y el uso de elementos extraños en el área de trabajo; si se quiere mejorar la calidad y precisión de la pieza para su ensamble. Indudablemente este estudio debe ir acompañado de un proceso de racionalización de piezas que establezca semejanzas y homogeneice los tipos.

4.4.8.5. Establecer gamas de piezas

Una vez se reduce el número de piezas se procede a agruparlas por semejanzas en sus procesos de fabricación, de tratamiento y de ensamble, de tal manera que se establezca el conjunto de operaciones de fabricación comunes y los procesos especiales, para definir de esta manera el conjunto de máquinas y herramientas que intervendrán en los procesos de fabricación. Así mismo, se posibilita el establecimiento de fichas técnicas de procedimiento por conjunto de piezas, con lo cual mejoran las condiciones de calidad en la ejecución y la eficiencia global del proceso. Este estudio permite optimizar los procesos de gestión interna de prensas y el establecimiento de programas más reales de producción.

4.4.8.6. Condiciones asociadas

En el proceso de estandarización, aparte de las tareas mencionadas anteriormente, es necesario desarrollar acciones encaminadas a la calificación técnica de los operarios de prensas, con el objetivo de mejorar las capacidades de manejo e interpretación de información técnica, de gestión de datos técnicos y de control activo de los referentes de calidad. Esto contribuye al mejoramiento en la eficiencia de los procesos de fabricación. Aunque es muy importante resaltar la recursividad de los trabajadores actuales, sería de gran utilidad, al mejorar sus habilidades técnicas, el potenciar la capacidad para anticipar y diagnosticar los posibles problemas de operación y funcionamiento del conjunto equipos/máquinas/herramientas, lo cual le otorga mejor capacidad de reacción al sistema.

En el desarrollo de los estudios de pieza por proceso, es necesario incluir las experiencias de los trabajadores con el objetivo de desarrollar troqueles y herramientas de trabajo más eficientes, que integren las observaciones derivadas de la experiencia diaria de trabajo de los operarios de fabricación en prensas. Este trabajo aseguraría de una vez la integración de operaciones y procedimientos existentes en el diseño del troquel y de las herramientas, y haría más factible la estandarización de procedimientos de fabricación.

4.4.9. Conclusiones

Como se ha mostrado, el proceso de estandarización de operaciones y de procedimientos debe pasar por una racionalización de componentes y partes de los pro-

ductos a fabricar, esto conlleva una racionalización de troqueles y herramientas a usar, así como del uso de las máquinas de acuerdo a sus posibilidades técnicas.

Por otra parte, como producto de esta racionalización se deben desarrollar las herramientas de control y de gestión del proceso que posibiliten la respuesta en tiempo real a cualquier contingencia, que permitan un proceso de planeación que integre los posibles cambios y que eviten operar bajo una lógica reactiva, ya que la gestión por prioridades dificulta en gran medida el control sobre el desarrollo de los programas de producción.

Finalmente, es importante atender a la formación de los trabajadores, ya que la insuficiente información técnica que poseen afecta el cumplimiento de las normas de calidad. Los operarios no disponen en muchos casos de referentes de calidad que les posibiliten tomar una decisión sobre la pertinencia del resultado obtenido en la ejecución de un proceso.

Este conjunto de acciones permitirá el desarrollo de un plan de acción para la estandarización y de un proceso de estandarización que recubra no solamente el área de prensas, sino que involucre los procesos de diseño y desarrollo de productos, el desarrollo y ejecución de troqueles y el ensamble de productos. Es decir, el alcance e implicación de un proceso de estandarización involucra las etapas previas a la fabricación. Racionalización de componentes: en la actualidad se tiene documentada la existencia de más de novecientos componentes, y se espera que este número siga creciendo en razón del desarrollo de nuevos productos; esto implica igual o menor número de troqueles y multiplica el número de operaciones y procedimientos en prensas y las etapas posteriores (racionalización de operaciones de montaje y ensamble). Así, la estandarización deseada en prensas está estrechamente vinculada con la racionalización general del proceso.

5. Conclusión de la primera parte

Se han presentado en primer lugar los conceptos desde el punto de vista teórico y metodológico asociado al análisis ergonómico de una actividad de trabajo. Estos se han presentado desde la perspectiva de la teoría de la actividad. De igual manera se ha presentado la estructura de una intervención ergonómica,

el rol del analista y finalmente a través de cuatro casos se han ilustrado algunos conceptos adicionales y sus aplicaciones al estudio de situaciones de trabajo de diferente carácter y naturaleza.

El desarrollo de estos conceptos sirve de base para establecer cómo elaborar, preparar y definir principios de transformación de situaciones de trabajo, y adicionalmente apoya al diseñador o ingeniero para desarrollar las posibles soluciones. El concepto de solución ergonómica será tratado en la segunda parte con el fin de ilustrar de manera integral el proceso que va de establecer qué unidad se debe analizar en un trabajo hasta cuál es el tipo y carácter de la solución que allí se requiere.

Segunda parte

1. Introducción

Esta segunda parte se consagra a la presentación de las experiencias de diversos investigadores, entre ellos el autor, en el campo de la ergonomía de concepción. La ergonomía de concepción surge como respuesta a los problemas derivados de la ergonomía correctiva, esto es, los problemas de costos financieros asociados a las modificaciones de estructuras tecnológicas y productivas; y también como respuesta a las dificultades encontradas en estos procesos de corrección para integrar las experiencias y conocimientos de los trabajadores.

Habitualmente, la ergonomía correctiva se basa en normas y estándares predeterminados que no tienen en cuenta las dificultades propias de los procesos productivos, y que generan re-aprendizajes costosos —o en últimas reglamentan los accidentes de trabajo—, además de los costos asociados a las bajas de productividad, a la rotación de trabajadores y al uso insuficiente de la capacidad instalada de los sistemas productivos.

1.1. Diseño ergonómico y ergonomía de concepción

De estas consideraciones surge la necesidad de desarrollar un enfoque de diseño centrado en la ergonomía, esta vez para efectivamente desarrollar soluciones ergonómicas en los procesos de producción. Cuando se habla de soluciones ergonómicas comúnmente se piensa en adaptaciones antropométricas de los medios, sin embargo esa acepción es insuficiente. Como se ha mostrado en la primera parte, la complejidad de las actividades de trabajo hace que una solución ergonómica incluya, en primer lugar, un análisis multifactorial basado en los escenarios posibles y probables de actividad.

Esto significa nada más que una solución ergonómica se ajusta en continuo y responde a la dinámica de la actividad elaborada por el trabajador, lo cual implica la participación del individuo como actor y generador de la solución, y no como mero destinatario de la solución. Para ello, la ergonomía de concepción parte de una paradoja que indica que es necesario diseñar la solución, pensando en la actividad futura, a partir de la actividad actual, es decir, definir las secuencias posibles a partir de las secuencias vigentes.

Por ello, la ergonomía de concepción aborda el problema de las soluciones ergonómicas desde la perspectiva de la construcción del problema; en otras palabras, no trata de partir de preceptos predefinidos y prejuiciosos de los problemas presentes en el trabajo, más bien trata de construirlos en su complejidad y a partir de ellos elaborar las soluciones. Por tanto, la ergonomía de concepción se cuida de las tautologías expresadas en la idea de ergonomía sistémica, ya que por definición el trabajo es un sistema complejo compuesto por el hombre, la tecnología y la situación de producción.

1.2. ¿Qué es lo ergonómico?

Habitualmente, cuando se hace referencia al calificativo *ergonómico* se piensa en objetos adaptados a las dimensiones de los individuos. Esta idea procede de la concepción básica de ergonomía según la cual al aplicar la antropometría, así como algunos principios de biomecánica y fisiología a los aspectos formales de los objetos, máquinas y aplicaciones, se obtienen objetos denominados "ergonómicos". Sin embargo hay que decir que más bien lo que se obtiene con este tipo de soluciones es la normalización de estos objetos de acuerdo a algunos parámetros considerados óptimos.

Por ejemplo, una silla es ergonómica cuando ha sido normalizada en sus dimensiones para cubrir un cierto tipo de población o cuando ofrece posibilidades de ajuste dentro de unos límites dimensionales previamente establecidos. De otro lado, un objeto es ergonómico cuando se han adaptado sus formas a los ángulos articulares óptimos o cuando es posible accesar sus funciones. No obstante, esta normalización no siempre posibilita el correcto uso del objeto, existen muchos ejemplos de objetos normalizados que no responden a las dinámicas de las tareas y a veces son francamente peligrosos; el caso más diciente es el de los

denominados cinturones ergonómicos desarrollados para normalizar la presión intra abdominal al movilizar cargas, estudios posteriores a su introducción demostraron que tal normalización no respondía a las dinámicas de las tareas y al contrario podría estar vinculada al origen de serias lesiones osteomusculares.

En tal sentido vale la pena especificar qué se consideraría ergonómico en el sentido de la ergonomía de la actividad. Podemos decir que una solución es ergonómica no solo por el hecho de estar normalizada; sino cuando contribuye a que el individuo que la usa pueda poner en práctica sus conocimientos y adicionalmente pueda desarrollar otros nuevos. Esta consideración plantea dos principios fundamentales que cumplen las soluciones ergonómicas:

1.2.1. El principio de plasticidad

La solución es capaz de integrar las variaciones de su entorno, lo cual facilita el cumplimiento de los objetivos. Esto significa que al producirse una modificación del entorno la solución es capaz de ofrecer una alternativa de adaptación que facilita la ejecución de la acción y el desarrollo de procedimientos alternativos de interacción al utilizador.

1.2.2. El principio de simplicidad

La solución desarrollada es capaz de alcanzar el máximo resultado con la mínima inversión de energía. Lo cual significa poseer un profundo conocimiento de las tareas o actividades para poder desarrollar la solución requerida. Este principio se refiere no solo a la curva de aprendizaje en el uso, también se refiere a las posibilidades de interacción y de desarrollo de alternativas de uso más allá de las predefinidas por el diseñador.

Toda solución que integre estos dos principios será ergonómica en una triple dimensión: se adaptará a las modificaciones del medio, será capaz de ofrecer acceso a sus funcionalidades y adicionalmente facilitará el proceso de aprendizaje para nuevas aplicaciones y nuevos usos (desarrollo de conocimiento).

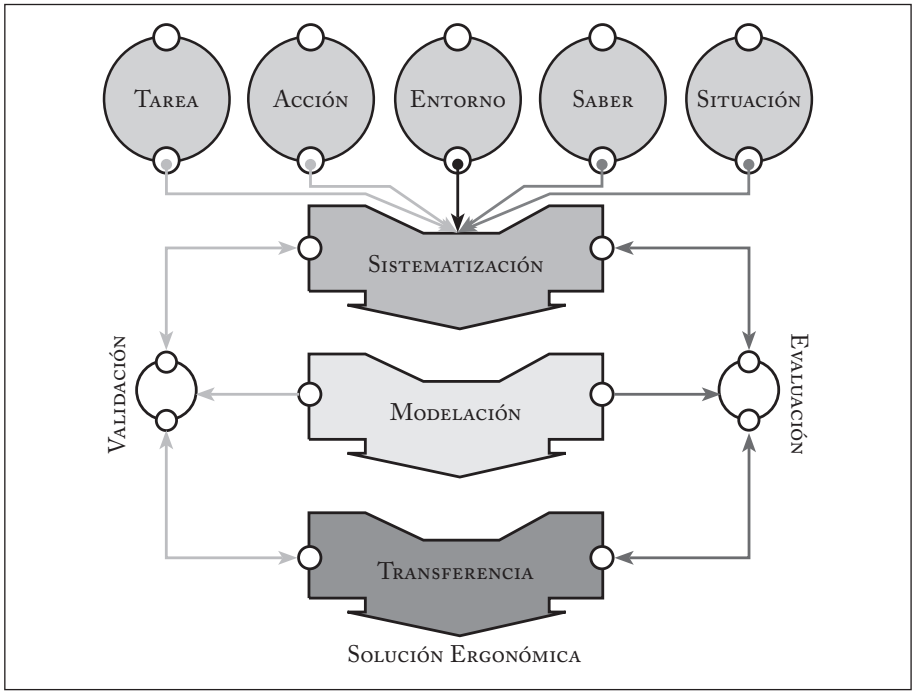
1.3. ¿Cómo desarrollar una solución ergonómica?

Una vez establecido lo que se considera una solución ergonómica se puede proceder a determinar cómo se desarrolla el proceso de concepción y diseño de di-

cha solución, es decir, cómo se llega a ella, con el fin de que sea efectivamente ergonómica. El proceso se lleva a cabo siguiendo tres grandes ciclos: sistematización, modelación y transferencia, que se acompañan de dos instrumentos de seguimiento: evaluación y validación. Estos instrumentos posibilitan mantener el proceso de concepción vinculado a la situación posible y probable de desempeño de la solución.

Los ciclos que estructuran el proceso pueden ocurrir de manera asincrónica o sincrónica, dependiendo de la complejidad de la solución buscada. Cada uno puede producirse como consecuencia del anterior, o pueden ocurrir simultáneamente; esto quiere decir que a medida que se sistematizan conocimientos sobre o acerca de la situación de trabajo, se pueden en paralelo producir modelos que los representen y que indiquen cuáles de estos conocimientos pueden ser o deben ser transferidos a la solución.

Gráfico 43. Generación de una solución ergonómica



Este esquema presenta los ciclos que hacen parte del proceso de generación de una solución ergonómica. Se destacan los instrumentos a los que se recurre para mantener el desarrollo de la solución asociado a las exigencias a las cuales debe responder (Castillo, 2006).

Cada uno de estos ciclos se puede entonces definir así:

1.3.1. Sistematización

La ergonomía es la herramienta de base para identificar, caracterizar y modelar los conocimientos resultantes de la acción del individuo en situación de trabajo. Se trata de un proceso que está orientado a comprender cómo los conocimientos del trabajador son ordenados, elaborados y transferidos en términos de operaciones, estrategias, intervenciones, estimaciones, anticipaciones y formas de regulación, es decir, se trata de comprender la doble dimensión de la actividad: cognitiva y comportamental. De allí se puede inferir y validar cuáles conocimientos son previos, cuáles surgen en la situación y cuáles nuevos se integran.

La asociación entre acción y pensamiento permite comprender y explicar mejor los comportamientos observados, estableciendo sus determinantes y los elementos restrictores. Estos últimos pueden tener un origen interno (estado del individuo, físico y cognitivo) o externo (estado del entorno y de sus condiciones). La sistematización será entonces una expresión de la lógica interna de la actividad desarrollada por un individuo en un contexto específico, y contiene los elementos que muestran qué se requiere en la acción para hacerla efectiva y eficiente, o en otras palabras, ergonómica.

1.3.2. Modelación

El ciclo de modelación busca identificar las formas de representación de los datos, informaciones y conocimientos obtenidos en la etapa previa de sistematización. La necesidad de recurrir a modelos obedece a la facilidad de lectura y comprensión, así como a la posibilidad de elaborar una correcta representación de la situación que se estudia.

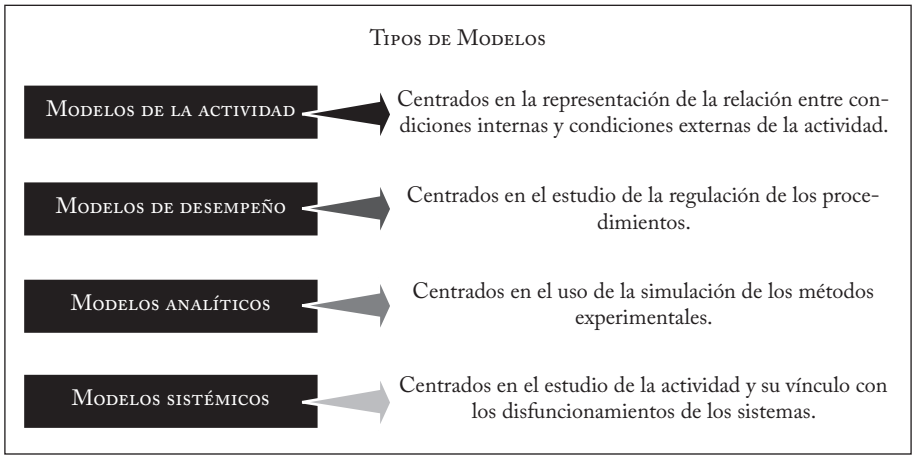
La ergonomía provee en este sentido modelos que se diferencian por el grado de precisión que se quiera obtener; así, se habla de modelos de malla gruesa, cuando se trata de representar los elementos generales de una situación; modelos de malla intermedia, cuando se trata de obtener una representación más específica de la estructura de la situación; y modelos de malla fina, cuando se requiere obtener con precisión los detalles de interacción uni y bi-direccional del conjunto de componentes de la situación objeto de análisis (estructura de conocimientos).

Un modelo se puede definir como una representación de los comportamientos (físicos y cognitivos) de los operarios en una situación de trabajo que permite al analista actuar sobre esta. La elaboración de un modelo depende de dos factores, el primero hace referencia a las características de la tarea: objeto a analizar, condiciones del análisis, etc. El segundo hace referencia a las características de quien desarrolla el análisis, esto es: las competencias, teoría o marco teórico de referencia privilegiado, etc., de los cuales se dispone para elaborar el modelo.

Un modelo amplía o restringe sus límites de acuerdo a la situación que busca representar; esta puede tratarse por ejemplo de: identificar *una función y su objeto* (memorizar una instrucción); establecer el vínculo entre *un sistema de trabajo y su tarea* (reparar una máquina); identificar los elementos que componen *la misión de un equipo de trabajo* (la gestión de una unidad de producción). De esta forma, la complejidad de un modelo obedece a la complejidad y características de la situación que se quiere representar.

En la literatura relativa a estos procesos aparece una creciente lista de la diversidad de modelos que se utilizan. El siguiente cuadro presenta los tipos de modelos y su finalidad (aclaramos que se encuentran relacionados con el propósito de desarrollar una solución ergonómica a una situación de trabajo):

Gráfico 44. Clasificación de los modelos en análisis del trabajo



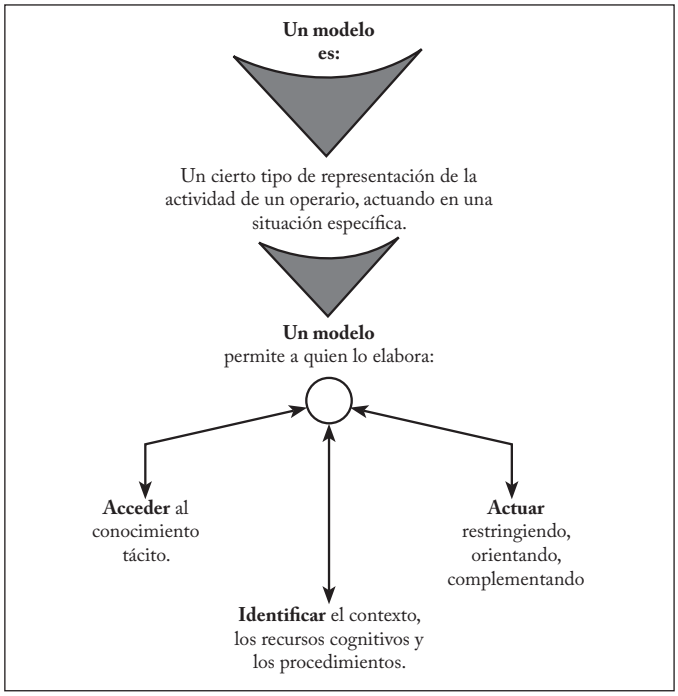
Estos modelos desarrollados en los estudios ergonómicos obedecen a los principios de los modelos científicos, esto es, deben poseer una coherencia interna, un lenguaje y una sintaxis para demostrar su coherencia lógica, y deben

además contar con una estructura adaptada a un modelo teórico. Además deben tener un valor de representación de la situación que modelan. Por ello podemos decir que un modelo tiene tres finalidades importantes:

1. Describir: buscando explicitar el objetivo y la forma del sistema estudiado.
2. Explicar: se trata de establecer los funcionamientos y los estados del sistema, es decir lo que hace el sistema.
3. Predecir: se trata de indicar a partir de los datos obtenidos los estados futuros que resultarán de las condiciones en juego analizadas.

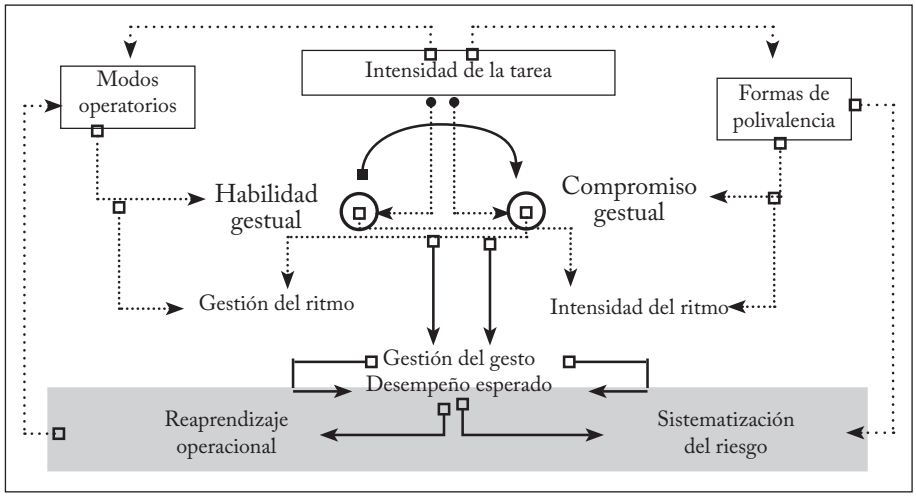
Se puede decir que la utilidad de un modelo en el proceso de desarrollo de una solución ergonómica se explica en función su utilidad en un proceso de estructuración de una realidad compleja, como la de una situación de trabajo; por ello el modelo es un elemento intermediario, útil en el proceso de desarrollo y concepción de soluciones ergonómicas.

Gráfico 45. Componentes conceptuales de un modelo en ergonomía



De esta manera, la definición que hemos adoptado de modelo nos permite comprender las acciones que debe emprender el analista. Se trata para él de obtener a través del proceso de modelización y del modelo mismo acceso al conocimiento inmerso en la situación estudiada, ya que el modelo tiene el poder de sintetizar el contexto, los recursos cognitivos y los procedimientos utilizados por los actores de la situación. El propósito del modelo en el proceso de elaboración de soluciones ergonómicas es el de restringir, orientar y complementar las decisiones a tomar en el proceso de definición de la solución (Castillo, 2006).

Gráfico 46. Modelo elaborado para explicar la producción del gesto laboral

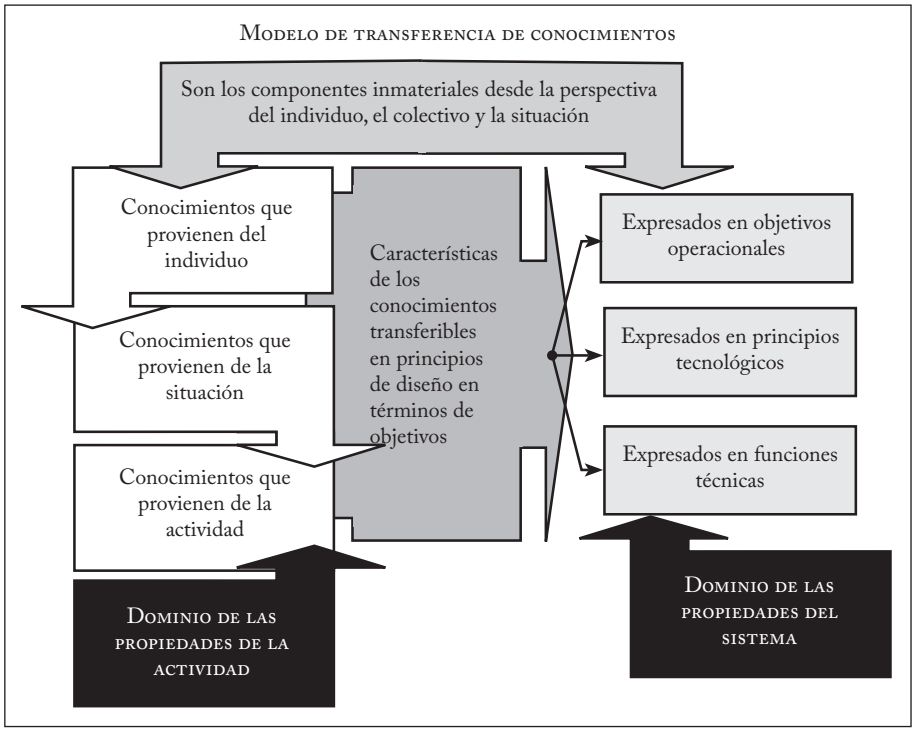


1.3.3. Transferencia

La noción de transferencia se refiere al proceso de elaboración efectuado por el diseñador de la solución que le permite al trasladar conocimientos del dominio de la actividad del individuo (modelo de la situación, el trabajador y su contexto de acción) al dominio de las propiedades técnicas y funcionales de un sistema. Este proceso se fundamenta en la utilización de instrumentos de diseño que permiten al diseñador traducir los conocimientos modelados en términos de funciones, secuencias de acción y objetivos operacionales; e incluye simultáneamente la integración de las restricciones de uso de acuerdo a los contextos de acción identificados y previstos.

El modelo de transferencia presentado muestra las etapas a seguir para transferir del dominio material de la actividad al dominio material de la solución ergonómica los principios y condiciones de diseño que harán la solución ergonómica. Es de recordar que este proceso de transferencia se debe realizar integrando los componentes inmateriales inmersos en cada sistema de trabajo analizado, y que no existen elementos transferibles de una situación a otra, es decir que la solución es ergonómica solamente en la situación en la cual se debe desempeñar.

Gráfico 47. El ciclo de transferencia del conocimiento tácito al conocimiento explícito



El objetivo central del proceso de transferencia es poder determinar los principios funcionales y operacionales que deberá integrar la solución, esto significa tener en cuenta:

1. El contexto o los contextos posibles de operación (que al tiempo deberán integrar el mayor número de variables de la situación futura de trabajo).
2. El contexto probable de operación y funcionamiento (que además integra los posibles desvíos de funcionamiento técnico, operacional y organizacional).

Al integrar estos elementos se incluyen también los posibles medios técnicos y organizacionales que asistirán al usuario de la solución, con el objetivo de permitirle obtener la integralidad de los beneficios de la solución desarrollada.

Por esta razón una solución es ergonómica cuando permite la adaptación material y física, cuando brinda la posibilidad de utilizar los conocimientos ya desarrollados para interactuar con ella y adiciona la posibilidad de crear nuevos conocimientos que hagan más eficiente la ejecución de las operaciones y en conjunto la dinámica de la actividad de trabajo.

1.4. La intervención ergonómica orientada al desarrollo de soluciones ergonómicas

A diferencia de la intervención ergonómica que tiene como objetivo el estudio de un trabajo (tal como se discutió en la primera parte), la intervención orientada al desarrollo de una solución ergonómica implica un enfoque basado en los siguientes principios:

1. La intervención se estructura partir de las siguientes ideas: identificación y comprensión de los elementos internos que afectan y definen los escenarios de actividad-uso. Esto en la perspectiva de identificar cuáles son los elementos claves de interacción de la actividad, y cuáles de estos se adaptan o deberán adaptar a los cambios del contexto de acción.
2. La intervención basada en la ergonomía se orienta por tanto a estructurar el problema de diseño en un enfoque *bottom-up*, es decir, organiza la realidad de trabajo a partir de las acciones e interacciones del individuo

con el medio. Estas interacciones determinarán la posible configuración de la solución, en una perspectiva de transferencia de los conocimientos de la actividad de trabajo al desarrollo de la solución.

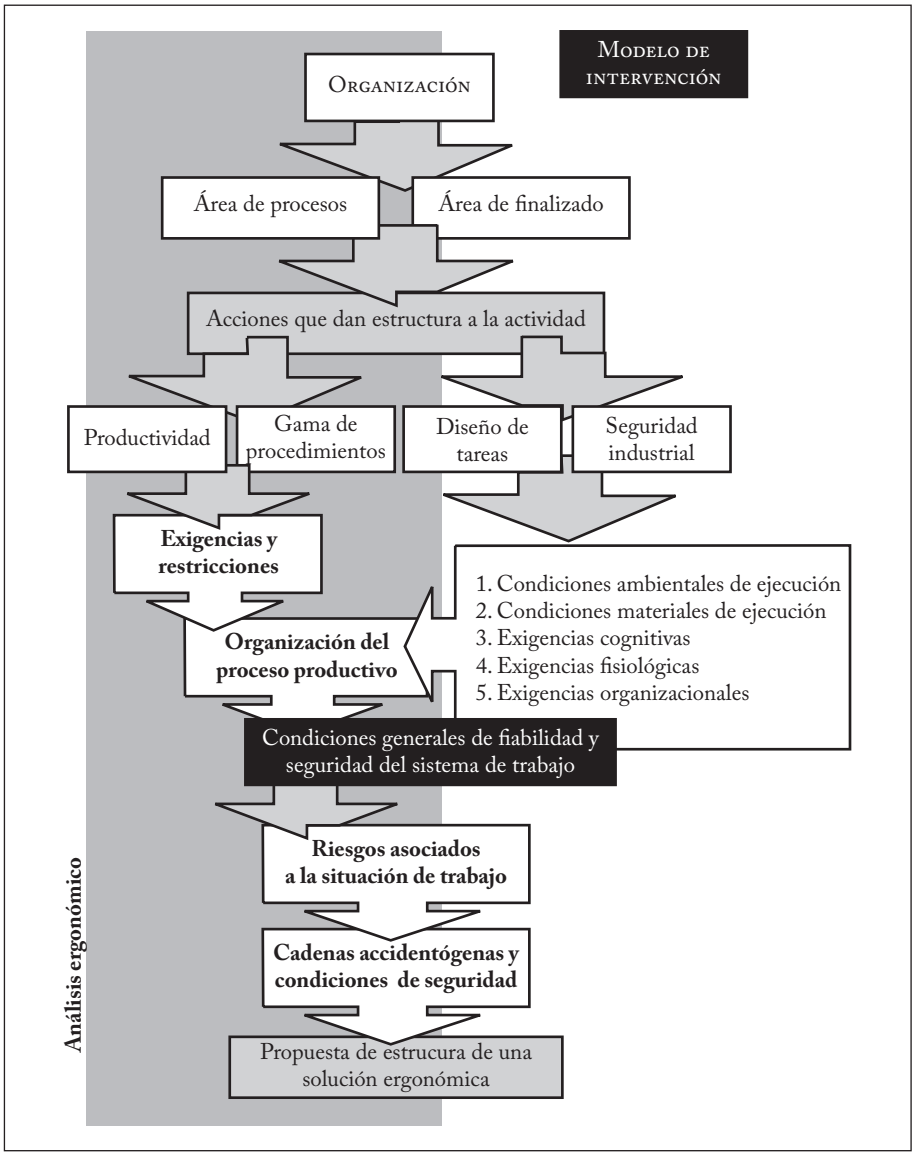
De este modo, una intervención orientada a la concepción de una solución centrada en una aplicación de los principios ergonómicos requiere llevar a cabo diversas etapas y la definición específica de los dominios en los cuales la solución deberá aportar al mejoramiento del trabajo, al uso de modos de operación y a la eficiencia productiva. Por ello el proceso de desarrollo de la solución gira alrededor de la identificación de conocimientos puestos en operación por los trabajadores, de la estructuración de estos conocimientos en principios de operación y de su transferencia en términos de funcionalidades y asistencia en la decisión.

Este proceso se lleva acabo teniendo en cuenta que toda solución debe ser fiable (debe responder en las condiciones esperadas en el tiempo estimado y obtener los resultados deseados). Considérese también que en este proceso de especificación se define también el proceso de seguridad y se identifican los riesgos asociados a la solución, poniendo de manifiesto los contextos y eventos que podrán afectar su funcionamiento, esto con el fin de determinar y prever las posibles cadenas accidentógenas. Es decir, un diseño incluye a la vez las condiciones de seguridad en los diversos escenarios de operación y el diseño de una tarea eficiente.

El gráfico 45 presenta el modelo de intervención propuesto por el autor para el desarrollo de una solución ergonómica en una situación industrial de manufactura. El modelo indica que en primer lugar se establece la unidad de análisis y luego se estudian separadamente las actividades de trabajo en dos de los subsistemas del sistema de trabajo. La identificación de exigencias y restricciones se hace partiendo de las condiciones existentes, esto posibilita determinar la estructura de la actividad y luego permite establecer las condiciones de fiabilidad y de seguridad actuales. En la situación se identifican los riesgos asociados a cada escenario de trabajo (baja, media alta productividad, considerando también los contextos específicos de operación) con el fin de identificar cadenas accidentógenas y finalmente especificar las condiciones de estructuración

de una solución que integre el conjunto de elementos identificados y caracterizados (Castillo, 2006).

Gráfico 48. Modelo de intervención orientado al desarrollo de una solución ergonómica



A partir de este ejemplo se pueden verificar los resultados parciales de la intervención que permitan al diseñador especificar la solución, esto es: establecer

cuáles son las acciones (en términos de objetivos instantáneos establecidos de manera intencional por el individuo) que estructuran la actividad de trabajo (recordar que la actividad se encuentra asociada a los problemas de funcionamiento y a las variaciones de operación).

Los resultados obtenidos permiten establecer cuales serán las condiciones de fiabilidad y de seguridad con que se deberá dotar a la solución. Esto contribuye al desarrollo del principio de plasticidad de la solución, mencionado antes.

2. El diseño visto desde la ergonomía

2.1. El estudio del trabajo y el diseño de dispositivos[18]

Con el objetivo de identificar qué aspectos del trabajo es posible transferir al diseño de un dispositivo, se aborda a continuación un estudio más detallado del proceso de diseño. Para ello se considera en primer lugar que el diseño ergonómico de un dispositivo puede ser comprendido como la articulación de dos procesos:

- El primero permite pasar del análisis de la acción de un sujeto a las especificaciones de la solución de diseño. Esto es el ciclo completo de desarrollo de una solución ergonómica.
- El segundo busca anticipar como evolucionará la acción del sujeto en razón de la introducción del dispositivo que se está diseñando, para lo cual el analista procede a la generación de escenarios de simulación donde se puedan verificar las variaciones de la acción del usuario.

Tal como se dijo anteriormente, la articulación de estos dos procesos permite especificar la solución de diseño ergonómicamente adaptada a la acción de trabajo en situaciones diversas. De este modo, para lograr la articulación es necesario el cumplimiento de las siguientes etapas:

[18] Se entiende esta noción en el sentido amplio de todos los medios (materiales e inmateriales) que permiten lograr un objetivo.

2.1.1. El análisis de la acción

El objetivo de esta etapa en el camino de la preparación de las condiciones de diseño es integrar en el transcurso del proceso de concepción el punto de vista que tiene el usuario en la realización de la tarea, se trata de poner en evidencia la manera como el usuario trata los diversos eventos o problemas derivados de la situación de acción. El interés principal es identificar los encadenamientos comportamentales y cognitivos efectuados por el sujeto para tratar en paralelo o simultáneamente los problemas encontrados.

Seguidamente se buscará identificar y asociar a la acción la diversidad de informaciones utilizadas para darles forma a los problemas que trata el sujeto en la situación, es decir, cómo estas informaciones completan la imagen del problema que el sujeto se construye a medida que ejecuta la acción. Se trata de comprender e identificar la continuidad cognitiva en el tiempo de la acción ejecutada por el individuo.

Esto permite identificar las decisiones que el individuo toma y los criterios que emplea para tomarlas. Es importante considerar que estos criterios estarán en función de la formación del sujeto, de su experiencia y del conocimiento anterior de situaciones de naturaleza similar en el desarrollo de su trabajo.

El análisis de la acción permite de esta manera estructurar la situación a partir de los problemas que la componen o determinan, así como determinar la forma en que estos son jerarquizados y tratados por el sujeto, las informaciones que este usa y también las decisiones que toma para resolver los problemas que encuentra en la ejecución de su tarea. Este análisis se basa ampliamente en una aproximación ergonómica a la actividad, tal y como se presentó en la primera parte de este texto.

2.1.2. La eficiencia de la acción

Para establecer y estudiar la eficiencia de la acción es necesario que el analista elabore un elemento de referencia que denominaremos "situación ideal". La situación integra las variaciones (de usuarios, de situaciones de acción, de salud y estado psico-físico de los usuarios, etc.), y la idealidad será definida a partir de dos criterios fundamentales:

- Salud (física, social y cognitiva).
- Productividad (objetivos y metas de la organización).

La construcción de la situación ideal dependerá de la complejidad de la situación en curso de diseño, ya que múltiples estudios han puesto en evidencia la diferencia de puntos de vista entre lo que los directores de la producción consideran ideal de funcionamiento y lo que los individuos usuarios de los sistemas entienden y controlan como ideal de funcionamiento y operación.

En muchos casos la noción de eficiencia de la acción puede escapar a los criterios de función óptima, ya que los usuarios recurren a prácticas de regulación que obedecen a las condiciones de funcionamiento del dispositivo o sistema con el cual interactúan. Por ello, al realizar la evaluación de esta eficiencia deberán integrarse tanto los objetivos de producción como los objetivos de los usuarios, tomando en consideración que estos últimos son fijados de manera temporal (en relación con la situación de funcionamiento), que se modifican por tanto en el tiempo y que tienen como interés conservar la salud del individuo y mantener su actividad en unos límites de seguridad manejables.

2.1.3. Los elementos determinantes de la actividad

El objetivo de esta etapa es identificar con precisión las características específicas de la situación de trabajo, las cuales incluyen:

- El estado del usuario (en la situación específica que se estudia).
- Las competencias y conocimientos del usuario (derivados y asociados a la actividad que se realiza).
- La naturaleza de las respuestas del usuario (en términos de acciones observables y no observables).

Es importante comprender que estas determinantes no actúan una por una, sino a partir de la producción de eventos y la combinación de diferentes circunstancias que obedecen a los tipos de situación que el sujeto encuentra, entre estas situaciones se pueden considerar:

- Situación nominal o de funcionamiento estándar: es la situación en la cual la acción se desarrolla dentro de los límites admitidos por el usuario. No corresponde necesariamente a la situación óptima, esta se asocia más bien a la de funcionamiento rutinario.
- Situación de disfuncionamiento: corresponde a los escenarios de funcionamiento y operación en los cuales el usuario debe mantener el dispositivo en umbrales de funcionamiento y operación aceptables (control continuo de la estabilidad del sistema). Esto lo debe hacer a pesar del funcionamiento defectuoso de uno o varios componentes del sistema.
- Situación degradada: corresponde a las acciones que el usuario debe realizar para mantener o ajustar un sistema, cuando este debe operar y funcionar con partes descompuestas. En este caso la posibilidad de derivar en condiciones fuera de control dependerá de la transparencia funcional (el sistema permite comprender su funcionamiento), y de la transparencia operativa (es claro para el usuario qué operaciones ejecutar para cada evento al que hace frente).
- Situación de avería: implica procesos de diagnóstico y resolución del problema, bien sea funcional u operacional. La rapidez para desarrollar estos procesos se relaciona con la posibilidad de recuperación de la funcionalidad del sistema, y afecta la eficiencia, así como la productividad de la tarea del usuario.

La presencia de estas situaciones no es excluyente, esto significa que en la ejecución de una tarea el usuario deberá tratarlas en momentos diversos o simultáneos; por ello, la noción de temporalidad es esencial en la comprensión de las características determinantes de una situación de trabajo.

2.1.4. Las condiciones de diseño

El análisis de la actividad de un sujeto sirve de referencia para establecer las condiciones futuras probables y posibles de uso. Las condiciones de diseño deberán responder a la identificación de la acción ideal que será necesario favorecer en la futura situación de trabajo.

Según la orientación seleccionada se puede recomendar la integración de una función al sistema o se puede recomendar una secuencia de maniobras a realizar. Esto significa que una función reconocida como importante podrá ser integrada como una acción de realización automática por el sistema (esto en los casos en que no se requieran verificaciones de estado, por ejemplo), o se podrá desarrollar como una secuencia de operaciones y procedimientos que permiten al usuario comprobar en continuo el estado de avance de su acción.

Para el proceso de especificación de las funciones de un sistema es recomendable desarrollar y presentar las características del sistema deseado bajo la forma de escenarios (los cuales son especificados tomando en cuenta las situaciones de uso y los contextos de acción derivados de estas). Es importante recordar que se trata esencialmente de identificar eventos y variables, de tal suerte que se pueda visualizar el desarrollo de la acción en cada uno de ellos. Por tanto, en estos casos es preferible adoptar un punto de vista previsivo (relación entre las características del sistema y las características de la acción), y no un punto de vista de predicción (señalar los errores y la equivocaciones).

Para ello, la identificación de los contextos de trabajo será primordial. Se analizan y estructuran los contextos en los cuales el sistema será utilizado (en términos de exigencias de tiempo, interacción con otros trabajadores, tiempos de respuestas, gestión de desviaciones, periodos transitorios, etc.); esto debe permitir al desarrollador de la solución precisar las necesidades de asistencia al usuario y las dificultades de uso.

Con el objetivo de comprender cómo se realiza el proceso de especificación de una solución y cómo se adelanta la transferencia de conocimientos a funciones en una solución ergonómica, es importante comprender cómo se desarrolla el proceso de diseño. A continuación abordamos inicialmente la naturaleza del proceso de diseño y luego estudiamos la acción de diseñar en sí. Esto con el fin de identificar el vínculo que permite comprender la función de la ergonomía en el proceso de diseño de un producto o sistema.

3. La naturaleza del diseño

La literatura entiende que el diseño es un proceso de cooperación. De acuerdo a Terssac, se puede afirmar que en este proceso intervienen diferentes actores y

que su relación se estructura alrededor de un proceso de prescripción recíproca (la solución prescribe la tarea y a su vez la tarea prescribe la solución). Por ello es posible considerar que la acción de concebir una solución se desarrolla en un contexto estructurado por un conjunto de reglas (qué hacer en cada situación encontrada) y de principios (qué aplicar para cada evento o requerimiento) (Terssac & Friedberg, 1996).

En este texto consideramos que el diseño de una solución ergonómica es una "actividad de creación que pone en juego procesos complejos de pensamiento" (Terssac & Friedberg, 1996). Esta definición invita a pensar el diseño como un proceso fundamentado en el uso de múltiples medios orientados a facilitar la transferencia de los conocimientos de una situación de interacción a una solución de diseño. Para lograrlo se requiere de procesos de razonamiento, evaluación y validación de las decisiones tomadas; para ello el diseñador debe contar con la participación de diversos campos de conocimiento, siempre recordando que el diseño de una solución ergonómica es un proceso de cooperación que se estructura alrededor de una co-determinación de acciones y de funciones entre el diseñador, la situación, el usuario y la solución.

La estructura de la acción que conduce a diseñar una solución se desarrolla en una diversidad de escenarios, lo cual indica así mismo una diversidad de procesos que conducirán al diseño de un objeto. Dicha diversidad muestra que esta es una actividad que varía de una situación a otra, y que la búsqueda de la solución moviliza una pluralidad de competencias. En los procesos de diseño la ergonomía de la acción muestra que en el objeto diseñado, o en la solución presentada a un sujeto para su uso, se confrontan dos lógicas: de un lado la lógica del diseñador, mediada por las determinantes de su contexto particular de acción; de otro lado, la lógica de utilización, que obedece a las necesidades de alcanzar objetivos y que se fundamenta en el conocimiento previo y en las competencias desarrolladas por el utilizador.

Así, veremos que en el uso de máquinas, sistemas, etc., los procesos cognitivos adquieren progresivamente un valor inusitado para el diseño, en primer lugar porque concebir una solución no depende exclusivamente de la capacidad creativa, sino de la capacidad de evaluación del diseñador sobre la situación, y del carácter cooperativo de la acción de diseño.

En segundo lugar, la ergonomía pone en evidencia que el uso de un diseño se hace posible cuando coinciden las representaciones del utilizador y del diseñador en la construcción de una solución. La ergonomía considera el diseño como una actividad que se estructura a medida que se desarrolla, esto significa que diseñar una solución ergonómica no puede considerarse como un proceso predefinido o finalizado; al contrario, es un proceso de carácter único que en la medida en que se desarrolla adquiere complejidad y alcance diverso, y que se encuentra directamente asociado a la situación. Por esta razón la regulación del proceso se orienta hacia la determinación de posibilidades de uso bien delimitadas.

Pragmáticamente podemos decir que la accion de diseñar consiste en definir las características de un objeto o de un procedimiento; pero anotamos que la acción de diseño posee ciertas características que son esenciales en la actividad del diseñador. *La actividad del diseñador es una acción orientada a la realización de objetivos, que posee al menos dos características que le son intrínsecas:*

a) La actividad de diseñar (concebir) una solución es esencialmente cognitiva (ya que se trata de definir las características, igual si la definición obtenida es enseguida precisada en un soporte físico). Esta acción se encuentra disociada de su objetivo final (la realización concreta del producto o del proceso), es decir, la especificación no implica necesariamente la realización material.
b) La actividad de diseñar se enfoca sobre algunos aspectos pertinentes del producto o del procedimiento objeto de búsqueda. Este proceso de delimitación y de focalización pone en evidencia el papel de la experiencia previa del diseñador, así como la necesidad que tiene este de construirse (progresivamente) una representación precisa del objetivo de su acción de diseño.

Para comprender mejor esto podemos examinar la noción de diseño desde una perspectiva histórica. En este análisis vemos cómo desde la Antigüedad se considera la actividad de diseñar como una actividad consciente, bien sea individual o colectiva; es decir, se considera como una *actividad organizada*.

La actividad de diseño puede ser estudiada al menos desde tres tradiciones principales: la de los arquitectos (y diseñadores), la de los ingenieros, y más

recientemente, la de los diseñadores de las organizaciones contemporáneas (*organizational design*). Es difícil, sin embargo, encontrar en estos acercamientos una definición formal, clara y precisa de la noción de diseño. Frecuentemente son definiciones de carácter práctico (diseñar un objeto), referidas a una profesión (arquitecto, ingeniero diseñador) o vinculadas a la toma de una decisión (economía, estadística, gestión, etc.).

Es partir de los años 60 cuando la contribución de Herbert Simon ocupa un lugar importante en la literatura que tiene como objetivo construir la noción de "diseño" sobre bases claras y de carácter universal. Simon utiliza, para lograr este objetivo, herramientas que provienen en su mayor parte de la teoría de la decisión (*decisión-making theory*) en situación de racionalidad limitada *(bounded rationality*). Una de las múltiples conclusiones de su acercamiento es que la teoría del diseño (la concepción) se encuentra cerca de la teoría de resolución de problemas: "cuando estudiamos un proceso de diseño, encontramos que diseñar es solucionar un problema. Solamente si tenemos una teoría básica de la solución de problemas, encontraremos la vía para una teoría del diseño" (Simon, 1995).

Simon (1991) afirma que las ciencias del diseño se caracterizan por su interés en los "objetos artificiales", que deberán existir para responder a objetivos, por oposición a las ciencias naturales, que buscan comprender las leyes de los objetos que existen en la naturaleza. En esta dirección, podemos considerar que la construcción y la afirmación de una finalidad se encuentra en el corazón del proceso de diseño; así, este proceso se puede definir como una "conversación con la situación" (Schon, 1983).

A partir de estos aportes el proceso de diseño es considerado como una heurística[19] abierta, que pone en relación individuos en busca de finalidades (que se encuentran proyectando valores y representaciones), con un contexto físico y social transformado a la vez por la intervención de los diseñadores; pero este contexto "responde", "sorprende" y "transforma" al diseñador en su proceso, lo conduce a reformular el problema y hace que transforme el objetivo previamente visualizado. Se afirma así el carácter transformacional del proceso de diseño y la razón por la cual no puede ser considerado un proceso predefinido.

[19] Entendida como una acción sistémica y totalizante en la cual las soluciones se descubren por la evaluación del progreso logrado en la búsqueda de un resultado final.

Por esto podemos decir que la situación de diseño aparece en principio como un contexto de comunicación ampliado y como un espacio de negociación entre lógicas heterogéneas (la del diseñador, la de la situación y la del usuario).

En la especificación de la utilidad de los objetos confluyen dos lógicas no siempre equivalentes: la lógica de concepción o diseño y la lógica del uso. La primera enfatiza en la especificidad de la solución, la segunda se fundamenta en la multiplicidad de opciones de aplicación de esta solución

Gráfico 49. Lógica de concepción y lógica de uso



Otro aspecto a destacar al analizar la acción de diseño es el problema de la singularidad del proceso de creación: cada vez que se inicia un proceso en busca de una solución se encuentra que los elementos estructurales pueden cambiar su relación jerárquica, pueden ganar o perder en valor e importancia. En consecuencia, la acción adquiere un carácter único ligado a las condiciones de partida, de desarrollo y de llegada de la acción de diseño. Como se puede presumir, este aspecto es insalvable para el diseñador, en razón de la diversidad de situaciones y de actores involucrados en cada caso.

3.1. La evolución del concepto de diseño

Al realizar un rápido análisis en las diferentes escuelas y teorías tradicionales del diseño, encontramos que el primer acercamiento que muestra interés en la elaboración de una definición de los elementos que conforman y estructuran el proceso de diseño se encuentra en los *Diez libros de arquitectura* de Vitruvio.

Allí se define la actividad de diseño como una teoría y una práctica. Vitruvio considera que la teoría debe "explicar la conveniencia de las proporciones" con la ayuda de una "demostración que se realiza con el razonamiento sostenido de la ciencia". Así, al efectuar la diferencia entre razonamiento y conocimiento necesario para la actividad de diseño, presupone que los razonamientos del diseñador se encuentran vinculados a los conocimientos a los cuales este tenga acceso. En el mismo sentido, el autor aborda la funciones del objeto resultante de la acción del diseñador, "el orden, la disposición, la proporción, la conveniencia, la euritmia y la distribución o economía"; con esto, Vitruvio logra sentar los principios para establecer la diferencia entre el razonamiento en el diseño (*la acción cognitiva*) y la acción específica del diseño (*la acción práctica o gesto materializador*).

En la tradición del arte, cuando se refiere al diseño, el artista reivindica la no subordinación de su obra a la realización de funciones específicas (la teleología de la obra); para el artista su trabajo es único, y obedece a su intención que la obra dependa del juicio efectuado por otro. Cada artista se ve creador de "nuevos mundos" y sabe que esos mundos pueden ser percibidos de manera única por cada "observador" (Duchamp, 1999). En la teoría del diseño, esta capacidad para generar "lo nuevo" deberá dar cuenta de la capacidad para entender la emergencia de lo "único", de lo "inesperado".

En la tradición de los ingenieros, el diseño de lo nuevo se encuentra, una vez más, vinculado al desarrollo de conocimientos. Para lograr esto se han adoptado procedimientos y métodos científicos: la observación, la experimentación, el cálculo y la modelación hacen parte de las herramientas utilizadas en la ingeniería. Los ingenieros han asimilado, por tanto, estas herramientas a los métodos de diseño. No obstante, se debe considerar que a diferencia de los arquitectos, los ingenieros deben hacer frente a una variedad de máquinas e instrumentos, de manera que sus conocimientos y razonamientos deben responder a objetos diferentes, y por ello han recurrido a la sistematización de los razonamientos de diseño (*creative design*) y a la práctica del diseño colectivo (diseño en red).

Esta sistematización ha hecho que se desarrollen diferentes herramientas de "validación" de los diseños (ensayos, modelos de prueba, prototipos, etc.), con etapas de pruebas de control, de pruebas de ajuste, de pruebas de estructura, de

materiales, etc. El conjunto de estas etapas debe ser lo suficientemente abstracto para que pueda ser utilizado y adaptado en diferentes industrias y dominios de acción.

En el dominio de la ingeniería, la sistemática alemana ha hecho un sinnúmero de aportes, entre ellos la teoría que subdivide el diseño en tres etapas principales:

a) Una etapa de identificación de las funciones,
b) una etapa de modelos conceptuales, y
c) una etapa de envolvimiento (*embodiment*) o despliegue físico del sistema.

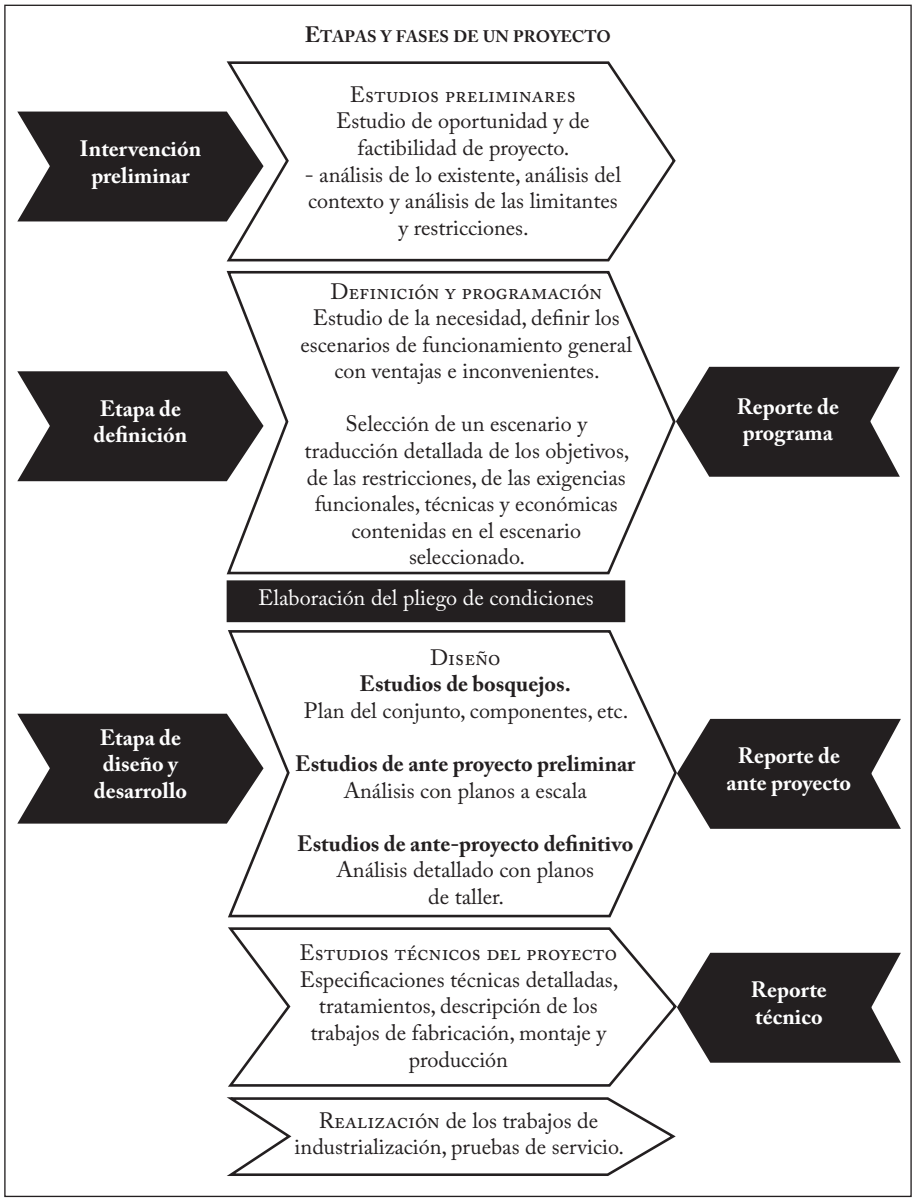
Esta segmentación del proceso de diseño se conserva con algunas variaciones hasta hoy. Es necesario, por otro lado, recordar que para los ingenieros las nociones de "invención", de perfeccionamiento o de innovación, se encuentran vinculadas al proceso de diseño; sin embargo se conservan en la memoria las soluciones anteriores que pueden ser útiles para un problema actual (fenómeno de expansión de las soluciones). Por esto un ingeniero podrá, de acuerdo a la necesidad, adaptar, reutilizar o cambiar por completo lo que ha propuesto anteriormente. El ingeniero compara al mismo tiempo la innovación y la imitación del pasado, siempre guardando cuidado de conservar la lógica de las funciones y la de los objetivos fijados.

Resumiendo, podemos decir que en una teoría del diseño se identifican al menos cuatro nociones que se encuentran en todas las tradiciones, a veces con peso variable:

- El razonamiento de diseño, entendido como un conjunto de etapas sucesivas en el tiempo (evaluación, validación, verificación, formulación, etc.).
- La lógica de las funciones, entendida como punto de partida o de llegada del proceso de diseño.
- El crecimiento progresivo de los conocimientos, entendido como recurso que simplifica o hace complejo el conjunto de etapas del proceso de búsqueda de soluciones.

- El aumento innovador de las diversas proposiciones, entendido como el resultado de la mezcla de conocimientos, tecnologías y estrategias de búsqueda de nuevas soluciones (esto define el carácter aditivo de las soluciones de diseño).

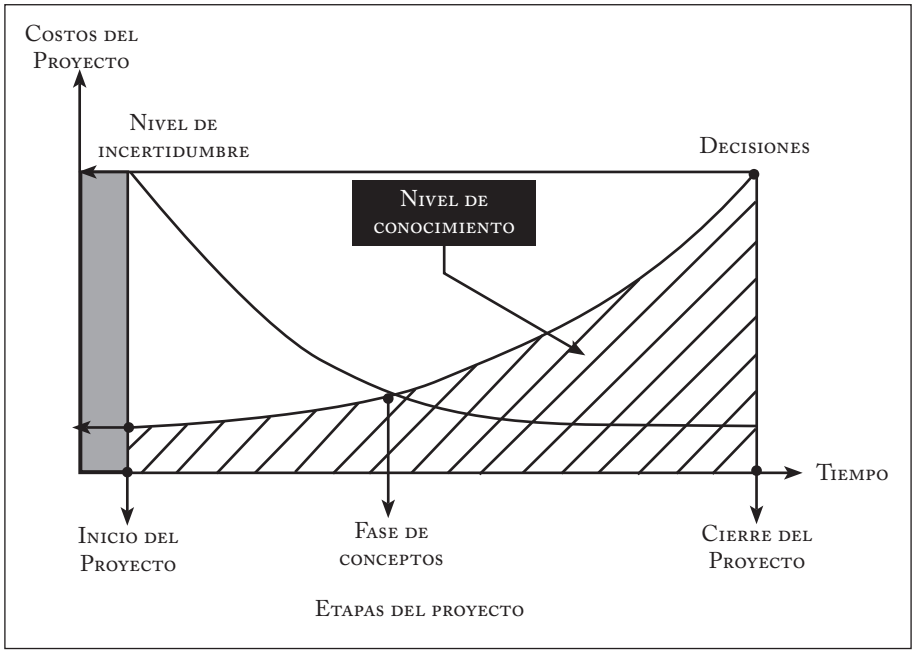
Gráfico 50. Ejemplo de las etapas y fases de un proyecto de diseño



Con el propósito de regular el proceso de desarrollo de una solución las diversas disciplinas del campo del diseño han vinculado la idea de proceso a la idea de proyecto. Por ello, en el desarrollo de un proceso de diseño orientado a la materialización de una solución, diversas estrategias se han implementado con el fin de definir las etapas del proyecto; estas estrategias han sido desarrolladas con el fin de posibilitar, ordenar y manejar los componentes propios del ciclo del proceso de diseño.

El desarrollo de la idea de proyecto agrega también al desarrollo de diseños la noción de innovación, la cual puede vincularse estrechamente a la noción de "expansión" o de "incremento" de las funciones, de las soluciones o de la estructura operacional y funcional del diseño. De hecho, habitualmente es posible hablar del potencial "incremental" de los sistemas. Claro está que la capacidad de expansión o de incremento de una solución requiere que dispongamos de las herramientas y de los conocimientos para reconocer que dicha expansión se puede traducir en una innovación.

Gráfico 51. Esquematización del ciclo del proyecto asociado al desarrollo de conocimientos del diseñador



De esta manera, a través de la búsqueda de la innovación, el diseño posibilita el proceso de desarrollo de nuevos conocimientos que dan cabida a la expansión de saberes; ciertamente, aceptando que toda innovación incluye la consideración de soluciones previas que han sido expandidas en una de sus dimensiones (funcional, estructural o de interacción).

En diseño, el desarrollo de un proyecto expresa al tiempo la acumulación y producción de conocimientos (ver gráfico 48). Así, en el inicio un proyecto se encuentra asociado a un nivel elevado de incertidumbre respeto a la situación de partida y a la solución buscada, y en la medida en que se reduce dicha incertidumbre se incrementan el nivel de conocimientos y el peso de las decisiones tomadas. Esto quiere decir que la posibilidad de tomar decisiones erróneas es significativamente más costosa y menos reversible en la medida en que el proyecto avanza, por ello los conocimientos producidos deben ser de la mejor calidad posible, ya que garantizan el éxito de la solución.

3.2. La orientación de la acción de diseño

Esta noción se utiliza para referirse al conjunto de elementos que orientan o dirigen el desarrollo de un proceso de diseño. En el caso de soluciones ergonómicas se trata de las nociones derivadas de la organización de la producción, ya que estas nociones determinan en gran medida el desarrollo del proceso de diseño, al tiempo que lo restringen de alguna manera, así como restringen las condiciones finales de la solución (precio, proceso tecnológico, condiciones de producción, etc.).

La acción de diseño puede tener una estructura acorde al modelo que resulta de las decisiones tomadas por el diseñador, ya que cada modelo responde a un interés particular del diseñador para evidenciar la forma posible de organizar los elementos en un proyecto. De igual manera determina los alcances, fines y funciones del diseñador en el proceso que conduce a dar respuesta a un problema.

Para evidenciar la relación existente entre las decisiones tomadas por el diseñador y el modelo adoptado para llevar a cabo su proceso, haremos referencia, de manera resumida, a algunos de estos modelos, que han sido clasificados y enunciados por Midler Christophe (1996). A continuación los presentamos de acuerdo a las definiciones propuestas por este autor:

3.2.1. El modelo del emprendedor

Este modelo de proceso de diseño fue formalizado por Schumpeter (1934). En él la concepción se identifica con el nacimiento y desarrollo de una empresa, es decir, la solución se encuentra estrechamente asociada al desarrollo de una organización técnico-productiva, dependiente de esta misma solución.

La figura clave del modelo es el emprendedor (*entrepeneur*), creador del producto, fundador de la empresa, que agrupa en su persona la competencia técnica, la competencia social de la motivación y la competencia de la innovación, y asume personalmente el riesgo económico. La cooperación que estructura el proceso de diseño reposa entonces sobre la confianza, el carisma del emprendedor.

Sin embargo, este modelo presenta ciertos límites, ya que el diseño de nuevos productos implica el diálogo y la cooperación con un gran número y variedad de expertos; el carácter individualista del modelo muestra sus límites. Se trata de un modelo ampliamente documentado y abordado por la gestión de diseño, especialmente por las iniciativas empresariales y el espíritu empresarial. Resumiendo, podemos decir que es característico del sujeto que construye su plan de acción y su horizonte de vida a partir de su propia acción de diseño, tomando en cuenta que esta acción cubre el ciclo completo de un producto o solución.

3.2.2 El modelo del ingeniero

Apareció en Estados Unidos durante de la posguerra, se asocia a grandes programas (militares, espaciales, grandes obras de infraestructura); su punto máximo de desarrollo lo alcanzó en los años 70 y 80 del siglo XX.

Se caracteriza por basarse en una fuerte estructura organizacional. La regulación organizacional del proceso de diseño reposa en la definición de un tríptico de actores:

- El inversionista del proyecto, que tiene la responsabilidad de la definición de los objetivos.
- El director del proyecto, que toma la responsabilidad de las decisiones de diseño globales; descompone en unidades o componentes el proyecto y los asigna.

- El responsable del componente proyectual, el cual lo toma como un subproyecto.

Este modelo gira alrededor de la idea de proyecto. En el ejercicio práctico, este proyecto se instrumentaliza y coordina con herramientas como el PERT y los métodos de planificación y control de costos. El modelo del ingeniero tiene como característica la disociación de responsabilidades en la realización del proyecto. Uno de sus límites importantes es la separación entre quien piensa el proyecto y quien lo realiza, ya que, tal y como lo demuestran las investigaciones recientes, el cumplimiento de un objetivo y la solución de un problema son las dos caras indisociables del diseño.

3.2.3. El modelo de Taylor

Desarrollado entre los años 50 y 70 (*the one best way*), a partir de los principios formulados por Taylor (1911). Este modelo promueve la separación entre los conocimientos de los expertos y los de los ejecutantes. Busca el desarrollo de la llamada organización funcional, es decir, se basa en la creación de un gran número de servicios especializados (ver industria del automóvil).

El modelo subdivide el proceso de concepción a partir de las siguientes características:

- Integración en la empresa del mayor número posible de expertos, los cuales son necesarios para el proceso de concepción.
- Separación de los expertos según profesión de manera horizontal y vertical.
- Coordinación jerárquica entre las funciones asignadas a cada grupo de expertos.

Este modelo ha sido criticado y revaluado a partir del éxito de las empresas japonesas en materia de desarrollo de nuevos productos.

3.2.4. El modelo concurrente y cooperativo

La ingeniería concurrente aparece en la industria manufacturera europea al final de los años 80. Este modelo rompe la linealidad y la secuencia de la concepción e

introduce un diálogo y una negociación entre los diferentes expertos a lo largo del proceso de concepción. Busca que todos los puntos de vista se expresen lo más temprano posible en el proceso de diseño y tiende a desarrollar este proceso en tres fases:

- Una fase de exploración de las posibilidades y de las limitantes.
- Una fase de cierre, en la que el conjunto de las variables del proyecto es congelado (pliegos de condiciones).
- Una fase que busca pasar rápidamente al acto de materialización de la solución.

Estas fases buscan responder, por un lado, a la búsqueda de compromisos multi-criterio y multi-variable; y por otro lado, a un tratamiento de la pareja incierto - irreversible, común en el proceso de toma de decisiones en las actividades de concepción. El modelo concurrente se orienta hacia un proceso que insiste en el compromiso, es decir, insiste en mantener al diseñador comprometido con el objetivo a alcanzar, y por otra parte se orienta al desarrollo de instrumentos que permitan un control centrado en los medios y procesos de concepción.

Como se deriva de esta breve presentación, cada uno de los modelos propone en última instancia una estrategia de organización del proceso de diseño, y define en alguna medida las funciones de los actores y los tipos de relaciones que se deben construir. La acción de diseño que se desarrolla en el proceso de crear un producto posee en sí misma una estructura que está orientada al logro de unos objetivos, esto indudablemente ligado al modelo adoptado para ello. La adopción de uno de los modelos anteriores implica que el diseñador deberá definir el tipo y el carácter de relación de interacción que desea construir entre el sistema y el usuario.

Para comprender mejor cómo estos modelos afectan finalmente las características de los diseños, procedemos a continuación a mencionar las principales características de estas estructuras de acción y de interacción de los usuarios, que son definidas en los procesos de concepción a partir de los objetivos del diseñador.

3.3. La estructura de la acción de diseño

La fabricación de un producto requiere, como se ha mencionado anteriormente, la cooperación de múltiple actores. Así mismo, los procesos de diseño invitan a reflexionar y a discutir la relación entre los dispositivos técnicos y las acciones humanas desde el punto de vista de la manera como se van a estructurar las acciones.

Es importante tener presente que en el desarrollo de un proceso de diseño la acción de diseño no se encuentra definida con anterioridad al proceso mismo: las reglas que ordenan esta acción se construyen en el curso de su realización. Por tanto, es a través de estas regulaciones que el diseñador se ve obligado en todo momento a re-codificar el contexto y las posibles soluciones. Esta actividad se presenta como un proceso de interacción entre los usuarios, los contextos y los diseñadores. Por tal razón es necesario comprender la manera como estos contextos se han estructurado y como ellos son estructurantes de al acción del usuario.

3.4. Estructuración de la actividad del usuario

El objetivo de un proceso de diseño es definir las características de los sistemas en términos de interacciones, por ello el diseñador procura generar una estructura de interacción y de acción del usuario. Esta estructura es efectuada por el diseñador como un proceso de formulación de reglas de acción que buscan orientar la acción del usuario.

Contemporáneamente el diseño busca estructurar la acción del utilizador de tal manera que el control y la regulación estén a discreción suya (estructuración abierta). A esta estructura podemos definirla como un conjunto de elementos de acción, compuesto de nodos de anclaje (que centran, sugieren y articulan) y vínculos de operación (que permiten seleccionar una operación en un abanico posible de opciones). En el proceso de organización de la acción del usuario se pueden enunciar al menos tres modos de estructurar su acción: la estructura de acción puede ser cerrada, semi-abierta y abierta. A continuación se presentan las definiciones de estas formas de organización de la acción del usuario de acuerdo al trabajo desarrollado por Terssac (1996); estas se encuentran definidas por el autor de la siguiente manera:

3.4.1. Estructuración cerrada

Estructurar u organizar la acción del usuario de manera cerrada consiste en generar soluciones en las que la acción o conjunto de acciones que establecen la interacción del usuario con el sistema están ordenadas previamente y de forma rígida (esta forma de organización se denomina comúnmente como algoritmo de operaciones). El objetivo de la acción de diseño es identificar los escenarios posibles de acción e interacción, e incluir en el diseño del sistema la mayor cantidad de medios posibles para mantener el control de la función u objetivo a lograr por el sistema en cada uno de los escenarios establecidos, esto presupone la distribución jerárquica y heterogénea de funciones entre la máquina y el usuario.

En esta lógica de diseño el usuario no podrá tratar la variedad de datos que obtiene de la riqueza de contextos en los cuales se desempeña el sistema, ya que el diseño restringe la acción a un abanico predeterminado de interacciones y de acciones que el sujeto puede y debe realizar. Este tipo de estructuración de la acción niega la autonomía de decisión del sujeto, dejando a cargo del sistema el control y la ejecución de sus funcionalidades.

3.4.2. Estructuración semi-abierta

En este proceso el diseño de la organización de las operaciones posibles se orienta a definir un marco de interacciones a partir de un modelo de acción que ha sido previamente construido. El diseño de este modelo supone que la representación de la estructura operacional, que el diseñador ha utilizado para definir las propiedades funcionales y formales del sistema, corresponde a los estados reales de funcionamiento del sistema (es decir, hay una equivalencia entre funciones y contextos de funcionamiento). En esta lógica de diseño el problema al cual se debe dar una respuesta se presupone definido desde el inicio (los estados de funcionamiento y de operación del sistema están establecidos desde el inicio del proceso de especificación de la solución).

Sin embargo, es necesario recordar que en situaciones de urgencia (alteraciones funcionales y operacionales no previstas) los conflictos de toma de decisión que se presenten entre el hombre y el dispositivo no podrán ser resueltos de manera satisfactoria en este modelo de organización de la acción del usuario.

Esta forma de prescripción semi-abierta presenta al usuario un marco de decisiones construido por el diseñador antes del uso de la solución.

En este caso, la solución propuesta por el diseñador circunscribe al usuario en un marco de decisiones predefinido, del cual es difícil salir. El conjunto de estas restricciones limita el razonamiento del usuario a lo impuesto por la máquina o sistema, es decir, las posibilidades de intervención están controladas y circunscritas a las especificadas en el modelo operacional inicial. En esta lógica de diseño, la autonomía del individuo es tolerada (algunas acciones y decisiones son aceptadas), pero la prescripción de acciones y operaciones limita la posibilidad de decisión del usuario al mínimo admisible.

3.4.3. Estructuración abierta

El enfoque adoptado por esta estrategia de diseño propone que la estructura que define la acción del usuario deba suministrar en la ejecución de una acción la posibilidad de salir del dominio de las acciones admisibles y delimitadas por el sistema técnico. Es decir, se alienta la intervención del usuario, el diseñador trata de hacer el sistema compatible con las condiciones externas a este y a las acciones del usuario. En este caso el sistema diseñado debe tolerar los errores, aún más, debería ser capaz de advertirlos e informarlos al usuario, en algunas ocasiones el sistema podrá asistir al usuario en la búsqueda de soluciones a los inconvenientes operacionales o funcionales que este encuentre. El sistema posee la flexibilidad suficiente para adaptarse a las decisiones y acciones emprendidas por el usuario.

El postulado de base en este proceso de especificación de las acciones de los usuarios indica que el proceso de diseño integra la decisión como un proceso de negociación entre múltiples actores (diseñadores, agentes de mantenimientos, usuarios, directores de explotación de los sistemas, etc.); por ende, la toma de decisiones que conducen a especificar la solución resulta de un acuerdo que cada una de las partes se compromete a respetar. Así, en la relación entre un hombre y un sistema lo que se busca al diseñar este último es que se pueda distinguir entre los objetivos y las intenciones del utilizador.

4. Características del proceso de diseño

El proceso que lleva a la elaboración de una solución de diseño se encuentra influenciado por diversos componentes. Algunos de ellos deben ser estudiados

en detalle con el fin de comprender cómo se ordena el camino que lleva a la producción de una solución. Así, en la perspectiva de análisis de los procesos de diseño, Simon (1971) presenta como elemento central los problemas de diseño, el autor indica que los problemas que tratan los diseñadores se caracterizan por ser "problemas que no se reducen a la búsqueda de la optimización, estos problemas se caracterizan por ser multi/criterios, multi/escenarios y multi/actores".

Es decir que en la resolución de problemas de diseño intervienen un conjunto de elementos y situaciones que hacen que en gran medida la búsqueda de soluciones comporte, en primera instancia, la estructuración u ordenamiento de los elementos que componen el problema.

La exploración que el diseñador realiza de estos elementos se constituye en la construcción de una verdadera base de datos. De manera general, se puede decir que los problemas de diseño se caracterizan por estar en un comienzo pobremente estructurados, a veces son confusos o mal formulados. Esta característica impide con frecuencia resolverlos en forma única y óptima. Por ello, la posibilidad que tiene cada diseñador de estructurar estos problemas lleva a un abanico de posibilidades de soluciones satisfactorias o que responden en un cierto grado a los criterios, escenarios y actores tratados para el problema en cuestión.

La solución a un problema de diseño puede ser presentada como *una exploración en un vasto campo de posibilidades*. En contraposición, de manera tradicional se ha promovido la idea de que la acción de los diseñadores se enfoca en la búsqueda de la solución óptima a un problema; en otros casos se trata de encontrar un pequeño número de soluciones similares. En estos últimos, las soluciones consideradas tienden a reducir la cantidad de criterios y escenarios en los cuales se desempeñará la solución proyectada; es decir, al optar por esta estrategia se obtiene una reducción del campo de acción de la solución considerada, que solo integra un número limitado de variables en su funcionamiento.

Este tipo de soluciones no resuelven el problema planteado, en el mejor de los casos tienden a desplazarlo o en muchas ocasiones producen nuevos problemas, algo frecuente en los llamados productos ergonómicos que promociona el mercadeo. Por ejemplo, las denominadas sillas ergonómicas solo garantizan una postura antropométricamente adaptada a un sujeto promedio, pero no pueden garantizar que se adapten a la dinámica y exigencia de las tareas

a desarrollar por el individuo, por lo cual se convierten con mucha frecuencia en un obstáculo para el desarrollo de las tareas.

El desarrollo de una solución de diseño ergonómica implica al tiempo la búsqueda de la mejor accesibilidad posible a sus funcionalidades. Para lograr esto se requiere que el diseñador elabore un *plan* para llegar a la solución. La elaboración de este *plan* implica sintetizar la solución a partir de un conjunto de decisiones que tienen un carácter selectivo, es decir, implican la evaluación de opciones y la consideración de posibilidades de respuesta (funcionalidades), y tienden a ser acumulativas y susceptibles de revisión. Podemos entonces subrayar que en la acción de diseño existe un proceso permanente de reconsideración o evaluación continua en la progresión del proceso de toma de decisiones y por tanto de búsqueda de la solución.

En este proceso de búsqueda el diseñador debe seleccionar entre el abanico de posibles opciones que pueden dar origen a la solución, de lo contrario las posibilidades pueden ser innumerables. La evaluación que realiza el diseñador de este campo de posibilidades puede ser efectuada considerando una doble estrategia de materialización:

- De un lado, el diseñador puede considerar un número de elementos o de componentes elementales ya conocidos que permitirán llegar a la solución, estos elementos podrán ser combinados a partir de una gramática (funcionalidad y aspecto formal y estructural buscado) que define las operaciones permitidas para obtener estructuras más amplias y complejas (grado de innovación). Es decir, se operan procesos de selectividad restringida, con el fin de establecer una combinatoria asociada a las funcionalidades buscadas. En algunos casos esta combinatoria puede dar lugar a nuevas formas de interacción u operación.
- O bien se puede proceder a definir los elementos y sus posibles combinatorias, esto es, recurrir a precisar el carácter y naturaleza de los elementos que definirán la solución buscada. El diseñador cuenta con un conjunto previo de elementos que tienen a su vez predefinidas las formas de combinación.

Sin importar la estrategia de materialización adoptada, la consideración de diversas posibilidades implica que se debe actuar selectivamente. Esto señala que deberán existir elementos que orienten la definición de las combinatorias posibles. Así, la búsqueda de una solución se constituye de un conjunto de proyectos parcialmente finalizados (los cuales readquieren el carácter de objetos intermedios y permiten llegar a la solución final). Los criterios de selección garantizan que los proyectos parciales que no respondan a las exigencias del problema sean rechazados o modificados.

La constitución de estos proyectos parciales define una estrategia de resolución sistemática del problema de diseño, lo cual implica que se deben desarrollar herramientas de evaluación que, actuando a diversos niveles, permitan la estructuración progresiva de la solución. La existencia de una relación entre los procesos de evaluación y el proceso de diseño para plantear soluciones permite identificar ciertas particularidades de este último: el diseñador debe proponer una solución que responda a un cierto número de exigencias y restricciones (algunas de ellas en conflicto). Al hacerlo, debe establecer un compromiso en su acción, compromiso que al tiempo que debe respetar las restricciones y limitantes debe integrarlas a la solución en desarrollo.

4.1. La noción de problema en diseño

Partiendo de los trabajos de Richard (1990) en ergonomía cognitiva, entendemos que "un problema es la representación que un sistema cognitivo se construye a partir de una tarea, sin disponer inmediatamente de un procedimiento admisible para lograr la meta de la tarea", es decir la solución. Lo cual significa que resolver un problema consiste en determinar cómo de una situación de partida (llamada estado inicial) se puede llegar a una situación buscada (estado meta).

También podrá considerarse como la acción que permite transformar una entidad A (estado inicial del problema) en una entidad B (estado final especificado por las metas a alcanzar), aplicando para ello diferentes medios.

El camino que se debe recorrer para encontrar la solución (pasar del estado inicial al estado meta) es llamado "espacio de búsqueda", y está compuesto por los objetos intermedios que conducen a la solución. La solución de un pro-

blema está directamente relacionada con la variabilidad interindividual, es decir que se relaciona con la base de conocimientos empleada por los individuos que la buscan (en esa base están la experiencia previa, las competencias, el nivel de conocimientos, etc.), y de otro lado se encuentra relacionada con la variabilidad estructural de los problemas, es decir el número de elementos y variables que los componen (complejidad).

La base de conocimientos existente en cada individuo influye en la representación que se pueda construir del espacio de búsqueda (espacio adecuado): la definición de elementos, las combinatorias, la gramática empleada, etc. La complejidad y fidelidad de la representación elaborada jugará una función determinante en la actividad del individuo para estructurar este espacio de búsqueda. La representación que cada individuo se construye del problema está asociada a sus niveles de competencia.

4.1.1. Tipos de problemas

Es poco frecuente encontrar en procesos de diseño problemas bien definidos o bien estructurados (problemas en que el estado inicial, el estado final y el espacio de búsqueda se encuentren totalmente especificados). Generalmente los diseñadores deben tratar con otros tipos de problemas: problemas mal definidos, abiertos, etc. A continuación abordamos una breve descripción de ellos.

4.1.1.1. Problemas cerrados

Son problemas que requieren una serie de operaciones que tienen como objetivo reorganizar los datos del enunciado inicial para encontrar su solución. La solución consiste en un reordenamiento de los datos existentes, que está sometido a reglas de transformación (procedimientos predefinidos). Puede haber múltiples caminos para llegar a ella, pero solo existe una buena solución.

4.1.1.2. Problemas abiertos

Son los problemas que admiten múltiples soluciones, de tal suerte que estas no son ni previsibles ni finitas. Por tanto, ninguna es perfecta, y toda solución que se considere deja insatisfacciones y a veces provoca problemas nuevos.

4.1.1.3. Problemas mal definidos o mal estructurados

Son aquellos en los cuales algunas informaciones de partida faltan y deben ser determinadas por el diseñador para poder encontrar una solución. Podemos decir que un problema está mal definido cuando la representación inicial que se construye el ejecutante no le permite encontrar un proceso de ejecución en busca de la solución.

La resolución de problemas de este tipo requiere que el diseñador encuentre un medio asociado a sus intereses, formación y objetivos, para organizar los elementos en el espacio de búsqueda. Es posible identificar al menos dos formas de organizar el espacio de búsqueda: son denominadas en la literatura como estrategias de planificación de la acción. A continuación presentamos las principales características de cada una de estas estrategias de planificación del espacio de búsqueda.

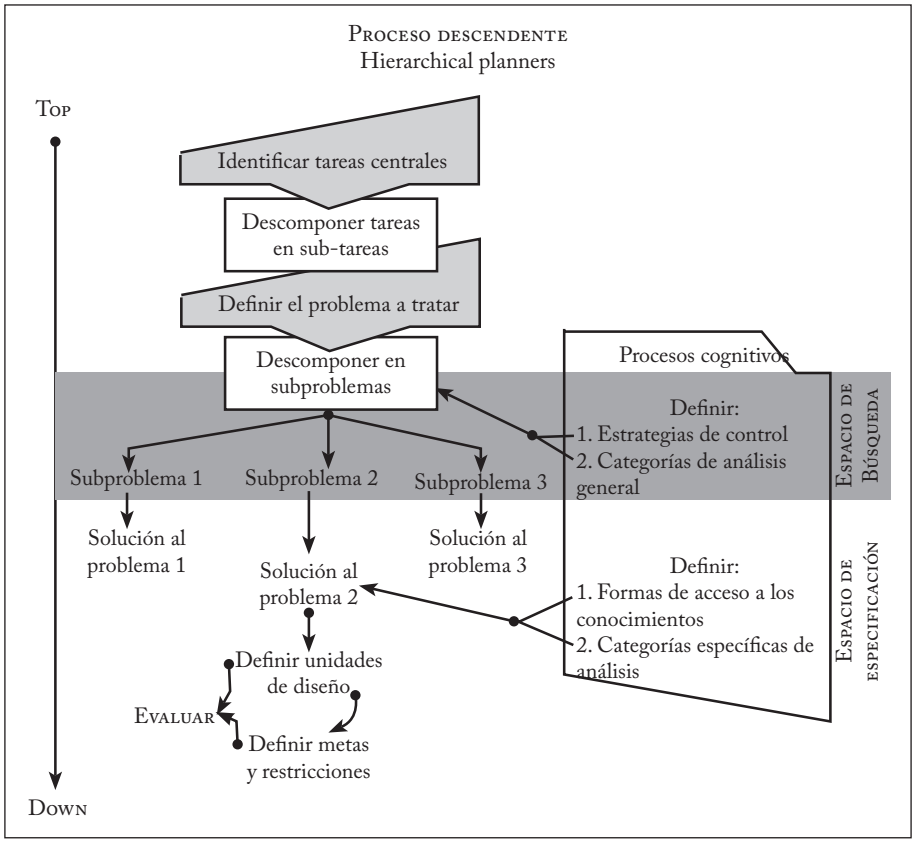
4.2. La planificación jerárquica (*top-down*)

Esta forma de planificación se caracteriza por el uso de una descomposición descendente de las tareas en sub-tareas, por ello se encuentra identificada en la literatura como estrategia de descomposición. En este enfoque el problema es subdividido en sub-problemas que podrán ser tratados de manera individual o simultánea; la descomposición busca restringir cada sub-problema a un campo de búsqueda que permita encontrar una solución parcial posible y adaptada al sub-problema. Para esto, el diseñador determina unas categorías generales (de problemas y de conocimientos pertinentes); estas categorizaciones le permiten descomponer el problema en unidades que puede controlar con las estrategias y conocimientos de que dispone. El esquema presentado en el gráfico 49 presenta las etapas y elementos que hacen parte de una estrategia *top-down* o de descomposición, en la cual el objetivo del diseñador es pasar por tres estados sucesivos: espacio de caracterización, espacio de búsqueda con descomposición del problema y estado de especificación de la solución.

Al emplear esta estrategia el diseñador debe construir las categorías de carácter específico para el tratamiento del problema y de los sub-problemas que ha definido; a veces se requieren conocimientos que no están disponibles. La

estrategia de descomposición se orienta a ordenar el espacio de búsqueda para que el diseñador pueda especificar una solución que integre las soluciones intermedias y que responda a las restricciones y metas del problema.

Gráfico 52. Estrategias de planeación jerárquica



El diseñador elabora entonces las soluciones a los sub-problemas como unidades de diseño, estas son entidades funcionales (principios), formales (gramáticas de composición y de interacción) o estructurales (relaciones de orden) que soportan la configuración de la solución. Estas unidades son evaluadas a partir de las metas del diseño y de las restricciones propuestas en la formulación del problema; su fusión en un sistema que responda a la solución se consigue confrontándolas con el problema inicialmente planteado.

A pesar de que los diseñadores presentan la solución al problema de diseño como una acción estructurada jerárquicamente, la observación de esta acción pone en evidencia su tendencia a tratar los problemas de manera aleatoria. De aquí surgen múltiples interrogantes: ¿cómo se puede seleccionar una descomposición del problema entre las muchas posibles?, ¿en qué orden deben ser tratados los problemas?, ¿cómo se hace la recomposición?, ¿cómo integrar las relaciones entre sub-problemas (o sub-soluciones)? Las respuestas se encuentran vinculadas a la base de conocimientos y a las experiencias previas de los diseñadores al tratar problemas similares o al elaborar soluciones similares.

4.3. Planificación oportunista (*bottom-up*)

Diversos estudios realizados por la ergonomía sobre la actividad de los diseñadores ponen de relieve que estos tienden a tratar el problema y los sub-problemas de manera dinámica, esto significa que no son especificados plenamente en el desarrollo de la acción de diseño. Por lo tanto, la acción del diseñador no siempre adquiere una organización jerárquica, lo que implica que deberá recurrir al uso de estrategias de planificación de su acción en una perspectiva de va y viene, o de síntesis; en otras palabras, desarrollar alternativamente acciones de orden descendente y de orden ascendente, en secuencias de acciones autónomas, no vinculadas en ningún grado de dependencia. Por esto se habla de una planificación oportunista de la acción de diseño.

En relación con este tipo de estrategia, Visser (1987) puso en evidencia el carácter oportunista del proceso de resolución de problemas en el diseño de máquinas-herramientas. En su estudio, Visser mostró "que el diseñador retoma a lo largo del proceso los diferentes componentes de su acción de diseño, en varias ocasiones antes de considerarlo finalizado". Esto sucede en intervalos de tiempo más o menos importantes, "en los cuales otros componentes son tratados".

Esto nos indica que las decisiones que toma el diseñador pueden ser revaluadas después de ser tomadas, y esta evaluación se realiza en función del manejo de las metas y restricciones que él mismo se ha fijado y también de las que ha fijado la solución misma. Se puede decir, entonces, que la acción de diseño se caracteriza porque en su desarrollo el diseñador construye un espacio de decisiones en el cual estructura de manera progresiva el problema. Para alcanzar

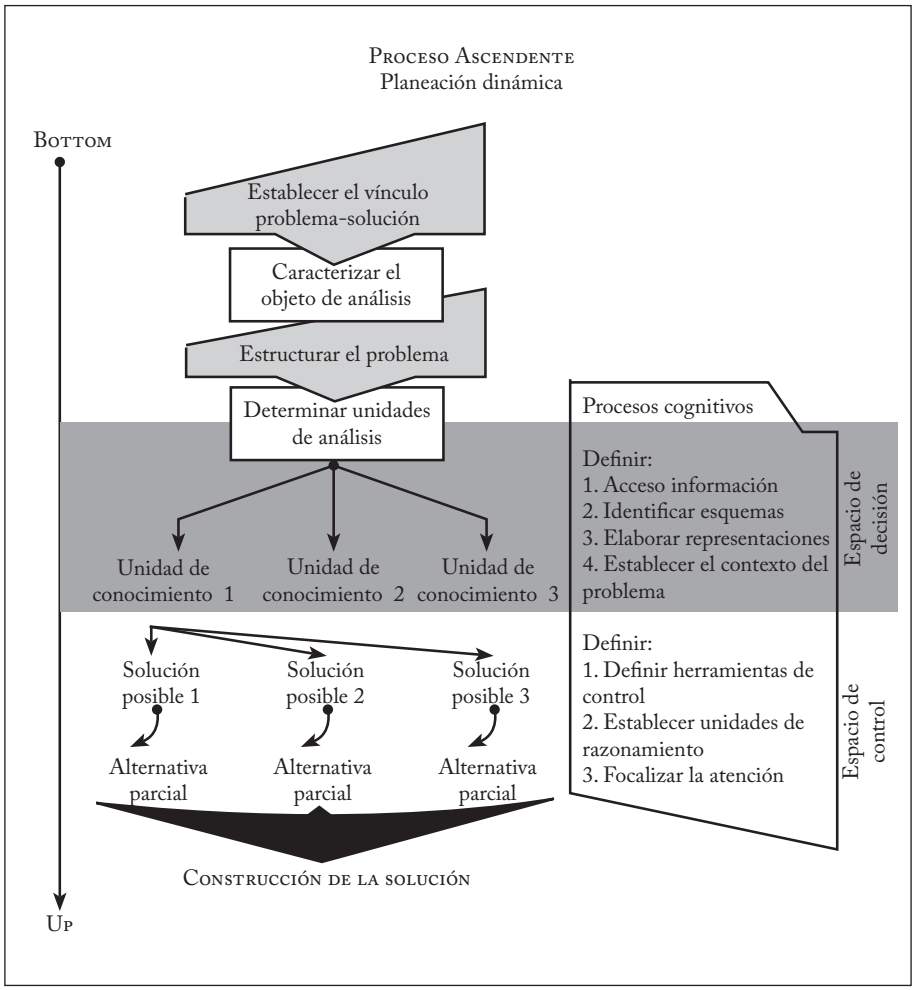
este logro, el diseñador se construye una representación de la situación a partir de los elementos del contexto, del problema y de la propia situación en la cual la solución proyectada deberá desempeñarse (lo cual es asimilable a una simulación sobre la condición futura de uso). Es indispensable comprender que la construcción de esta representación (entendida como una construcción circunstancial de carácter temporal que permite construirse una imagen de los elementos del problema y de la situación) permite retomar y reconsiderar decisiones previamente contempladas. Esto indica que una decisión tomada con anterioridad a propósito de una alternativa puede ser desechada en vista de una mejor alternativa o solución.

En la construcción de una representación adaptada al entorno y a la solución, se elabora una estrategia de construcción de la solución basada en dos grandes procesos: el primero se refiere a las acciones emprendidas con el objetivo de estructurar el problema. Este se denomina el espacio de decisión, donde el individuo busca establecer una relación entre conocimientos y secuencia de interacción, con las representaciones y los contextos de desarrollo de la interacción que se dará con la solución. Una vez logrado este objetivo el diseñador puede pasar al espacio de control, identificando unidades de razonamiento orientadas al desarrollo de soluciones intermedias que integren dichas unidades; estas soluciones intermedias o alternativas permiten focalizar las soluciones consideradas y especificar la solución final.

Como se aprecia en el gráfico 50, el desarrollo de una estrategia de planeación del espacio de búsqueda orientada a la organización ascendente (del entorno a la solución) demuestra la importancia de crear mecanismos de control potentes, que permitan al diseñador retomar o desechar informaciones y consideraciones a propósito de las alternativas de solución exploradas. Estos mecanismos de control permiten concentrar la atención en la acción de diseño y permiten la construcción progresiva de la solución. A este propósito sirven de analogía las denominadas "unidades de razonamiento", a las que Nii (1986) considera como unidades segmentadas e independientes, pero con una característica importante: de acuerdo a las precondiciones (limitantes y exigencias) son utilizadas para extraer información del espacio de solución (alternativas). Estas alternativas comúnmente son organizadas en forma jerárquica para orientar la solución del

problema. La información obtenida de esta organización será tratada por el diseñador en función de su saber-hacer específico, lo cual le permitirá tener una representación en tiempo real del estado del problema y de esta manera alcanzar una o varias soluciones aceptables.

Gráfico 53. Estrategia de planeación ascendente



4.4. Procesos que intervienen en la acción de diseño

Usualmente, el proceso de diseño se describe como una acción orientada que se compone de diferentes fases, cada una de las cuales pone en juego elementos

específicos. En el análisis efectuado sobre las estrategias de planeación se pueden identificar claramente tres fases que son consideradas preponderantes en el proceso: *la representación del problema*, *la generación de soluciones* y *la evaluación de las soluciones generadas*. Para comprender mejor sus características a continuación hacemos un breve análisis de cada una de ellas, siempre teniendo en cuenta que en el proceso de búsqueda de una solución se presentan de manera simultánea las dos estrategias de planificación antes descritas (descomposición o síntesis), y que en ambos casos se identifica la presencia de dichas fases.

4.4.1. Representación del problema

Para explicar el fenómeno de representación del problema se parte de la definición del concepto de representación elaborada por Richard (1990). El autor la define "como una construcción circunstancial, que es elaborada a partir de una situación específica para hacer frente a las exigencias en curso". Esto indica que las representaciones tienen en cuenta el conjunto de los elementos de la situación y de la tarea (en este caso elaborar un proceso que conduzca a la solución de un problema), y que están elaboradas en memoria de trabajo (de allí su carácter circunstancial). Se recuerda que estas representaciones son particulares a una situación específica y por naturaleza precarias. Esto significa que basta con que alguno de los elementos de la situación cambie (por ejemplo: identificar nuevas informaciones que afectan una alternativa) para que la representaciones se modifiquen, lo cual conduce al diseñador a reconsiderar o redefinir el problema que intenta resolver.

Algo que caracteriza a esta fase es que el diseñador podrá en repetidas ocasiones reformular el problema en función de los conocimientos estructurados. Por esta razón, la representación evoluciona y se modifica a medida que avanza la especificación de la solución del problema. Podemos entonces considerar que la formulación del problema elaborada por el diseñador se encuentra vinculada, en primer lugar, a la adquisición de informaciones del entorno inmediato, y esto se lleva a cabo a partir de la identificación y delimitación de las restricciones y exigencias del problema de diseño. Como resultado de la reformulación y estructuración de la representación se cumple en esta etapa una selección de las informaciones pertinentes al proceso de especificación, esta selección se realiza

a partir de las informaciones que son proporcionadas por el medio. El proceso se encuentra estrechamente vinculado a las características y propiedades y al objetivo establecido en la acción del diseñador.

La resolución del problema de diseño se vincula al tratamiento e interpretación que el diseñador haga de las informaciones que ha recolectado. La interpretación le permitirá construirse una representación de las informaciones compatible con sus expectativas, y al tiempo le dará la posibilidad de determinar las implicaciones de estas informaciones para traducirlas y transferirlas en una forma adecuada a las posteriores etapas de diseño. En la literatura estas informaciones reciben diferentes denominaciones: obligación, determinante, criterio, metas, exigencias y parámetros de diseño.

4.4.2. La generación de soluciones

Esta fase integra las nociones de producción y especificación de la solución, que pueden estar asociadas a la producción de soluciones parciales o globales; para el desarrollo de este proceso se pueden identificar dos tipos de mecanismos empleados por los diseñadores habitualmente:

- Integración: se trata de una estrategia para traer elementos de soluciones anteriores a la solución en curso de elaboración. Este mecanismo es empleado cuando el problema a solucionar es conocido o comparte características con un problema ya conocido. De otra forma, cuando el problema es nuevo, una solución conocida puede ser modificada para resolverlo; o cuando se requiere una solución innovadora, el diseñador puede establecer "analogías" con soluciones de dominios diferentes. La integración de soluciones es un mecanismo de rápido acceso y posibilita encontrar y especificar una solución; sin embargo, depende de la experiencia del diseñador y del número de posibles soluciones compatibles que tenga en su repertorio, por ello es frecuentemente usado por diseñadores expertos.
- Satisfacción de exigencias: en primer lugar, el término "exigencias" fue definido por Stefik (1981) como "los descriptores parciales de un objeto". Estos descriptores permiten que el diseñador pueda conservar

las diferentes informaciones relativas a un problema. De acuerdo a su naturaleza, estos descriptores pueden describirse en función de:

- Su origen (externo, interno, circunstancial).
- De la naturaleza del objeto al cual se aplican (relativos a la función, a la operación, a la interacción o a la estructura).
- De acuerdo al número de variables que se ponen en relación; las exigencias pueden ser binarias, ternarias, etc.
- De la obligatoriedad de cumplimiento (de validación o de preferencia).

De este hecho, es posible considerar que la satisfacción de exigencias puede vincularse con los mecanismos de integración de soluciones conocidas o anteriores al problema que se trata de resolver. Es decir, el diseñador puede identificar los descriptores, asociarlos a soluciones previamente elaboradas o establecer analogías con soluciones conocidas, y a partir de ello especificar la solución buscada.

4.4.3. Del proceso de evaluación

La evaluación de una solución es una acción que se puede presentar en diversos momentos del proceso de diseño; es más, muchos autores sostienen que este es el rasgo característico del proceso. La evaluación debe igualmente pensarse como otro proceso integrado a la acción de diseño, por ello actualmente no se piensa como una etapa que se aplica al final.

Es indiscutible que el proceso de generación de una solución se encuentra asociado a la evaluación que se haga de esta. La evaluación obedece a la necesidad del diseñador por responder a las exigencias de la solución en el curso mismo de la acción de diseño. Ciertos estudios muestran también que la evaluación es una precondición para la ejecución de una decisión, cuyo objetivo es determinar la acción que se deberá ejecutar.

La acción de diseño se desarrolla haciendo uso de mecanismos de control en los que se encuentra inserta la evaluación, bien sea a partir de una estrategia jerárquica u oportunista. La evaluación juega una función determinante en la

constitución de unidades de diseño; se identifican dos tipos de procedimientos para el desarrollo de la evaluación:

- Evaluación de soluciones. Tiene como objetivo evaluar una solución para determinar si satisface los descriptores (exigencias, parámetros, criterios, limitantes, etc.); la evaluación se realiza a partir de un análisis preciso de las propiedades especificadas en la solución.
- Evaluación de las decisiones de acción. Las decisiones que se toman en el proceso son evaluadas a partir de dos criterios: el costo cognitivo de la acción (complejidad del razonamiento que es necesario utilizar para tomar la decisión —disponibilidad de informaciones—) y la importancia atribuida a las decisiones que debe tomar el diseñador. Estas decisiones están relacionadas con el tipo de acción que el usuario debe emprender y también con el efecto de la acción sobre el objeto en curso de diseño (alternativa o solución).

En síntesis, la evaluación tiene como función principal en el proceso de diseño permitir al diseñador emitir un juicio que expresa si el objeto (solución) es satisfactorio o no. La noción de utilización o uso de una solución se constituye en un componente estructural de la construcción de este juicio por parte del diseñador. Estos dos conceptos deben entonces ser examinados para comprender el rol de la evaluación en el proceso de diseño.

5. Las nociones de uso y de utilización

El diseño busca la creación de nuevos objetos: productos, servicios, dispositivos técnicos. Podemos decir que un objeto denominado "ergonómico" se define por su adaptación a un cierto tipo de tarea, a un cierto tipo de utilizador y a un cierto contexto. "Un objeto debe ser útil, fiable, convivial, fácil de aprender, fácil de poner en funcionamiento y fácil de utilizar" (Sperandio, 1993). La noción de ergonómico remite entonces a la disponibilidad del objeto para ser utilizado, pero ahora es necesario señalar una diferencia entre el uso y la utilización.

El uso hace referencia al comportamiento esperado del usuario al interactuar con el objeto, este comportamiento obedece a un abanico limitado de

opciones y corresponde a una lógica cerrada que indica las secuencias de acciones a realizar para obtener las funcionalidades del objeto. Por su parte, la utilización de un objeto hace referencia a dos ideas: la primera consiste en la facilidad de acceso a las funcionalidades del objeto, es decir, a la cercanía a la representación que posee el usuario entre funcionalidad y disponibilidad del objeto. La segunda hace referencia a la adaptabilidad del objeto a las posibles aplicaciones que realiza el usuario en función de sus objetivos. La utilización obedece entonces a una lógica abierta que permite al usuario desarrollar secuencias de interacción en función de sus objetivos.

La definición de utilizabilidad nos remite a la idea de que un objeto es ergonómico (es decir, utilizable) a partir del momento en que cumple un cierto número de condiciones, estas son, de acuerdo con Sperandio (1993):

a) *Es útil:* el objeto responde a las expectativas, a un deseo o una necesidad. Esto significa que el producto no es utilizado por él mismo, sino por su función, que permite al usuario alcanzar su objetivo.
b) *Es utilizable:* el uso es fácil, el objeto permite al usuario cumplir sus objetivos sin oponer restricciones. En este caso se considera que el utilizador no tiene por qué tomar un catálogo de uso o descubrir el producto cada vez que necesite obtener algo de él.
c) *Es accesible:* el aprendizaje del producto debe ser lo más reducido posible, el producto debe alcanzar al mayor número de utilizadores potenciales. El usuario podrá usarlo con sus hábitos, sus estereotipos, su experiencia personal, esperando realizar un esfuerzo mínimo.
d) *Homogeneidad:* el producto debe tener características comunes a objetos de la misma naturaleza. El objeto debe estar adaptado al contexto de utilización.

Estas consideraciones son planteadas por Chailloux (1994), quien se interroga sobre la cuestión del aporte de la ergonomía para la concepción de productos destinados al gran público. A partir de un estudio de un proceso de diseño desarrollado para concebir dispositivos de programación para calefacción, el autor muestra que de acuerdo a como se aborde la situación se podrán obtener re-

sultados diferentes. Así, si en la concepción de los dispositivos de programación se estudia la situación como una interacción utilizador - dispositivo de programación, o si se estudia como una situación de actividad con un instrumento, los análisis que se efectúen conducirán a recomendaciones de diseño de naturaleza diferente, bien que no excluyentes las unas y las otras.

Estos dos niveles de análisis ponen en evidencia las dificultades de diálogo, y también las diferencias entre la naturaleza de la actividad y la función de los dispositivos. Por ejemplo, se encuentra que existe una diferencia entre las representaciones que los usuarios se hacen de la temperatura y la representación que se hacen del tiempo de calefacción. En fin, estas dificultades ponen en evidencia la importancia relativa de estas dos variables en el diseño de la programación en este tipo de dispositivos. Chailloux indica que en el segundo nivel de análisis, en el cual se considera la situación como un proceso de actividad instrumentado, se debe considerar que las "representaciones" de los usuarios son sustancialmente diferentes a las que elaboran los diseñadores respecto a la interacción con los dispositivos.

En el caso estudiado los diseñadores tienen una visión técnica de los dispositivos de programación de la calefacción. Para ellos el dispositivo de programación del calefactor que da acceso a la interacción con el equipo sirve para pilotear o controlar el sistema de calefacción de manera variable en función del tiempo; para los usuarios, el dispositivo de programación les otorga la posibilidad de actuar sobre la temperatura en función de sus ritmos de vida. Se trata en realidad de un comando temporal de la temperatura ambiente; entonces, a nivel del diseño de una solución ergonómica, dos vías están abiertas:

La primera es hacer comprender al utilizador por intermedio de una interfase apropiada las características del sistema y las modalidades de utilización (comportamiento esperado). En este caso el concepto de producto no es puesto en tela de juicio, es el utilizador quien se debe adaptar. La segunda vía consiste en adaptar el producto a las representaciones de los utilizadores, se trata de concebir un objeto a partir de los esquemas y representaciones del usuario. Esta vez es el producto el que uno adapta. La idea en este caso es, entonces, "concebir una interfase de tipo metafórico centrada sobre la gestión de temperatura" (Chailloux, 1994).

5.1. Modificar las representaciones

De igual manera que los métodos de análisis de la actividad de los usuarios posibilitan previsualizar la actividad futura de estos, la situación futura busca identificar cómo se modifican las representaciones de los actores en el proceso de uso. La intervención de la ergonomía en el proceso de concepción de un producto puede llegar a este tipo de transformaciones; la modificación de las representaciones para el uso de dispositivos se alcanza a partir de un proceso iterativo de uso, con el objetivo de alcanzar mejoramientos sucesivos.

Bonpays-Le Guilcher (1994), en un estudio realizado en actividades de oficina, pone de relieve las modificaciones realizadas en la concepción inicial de un objeto para crear un producto adaptado a una profesión específica: en este caso la actividad secretarial. Se está avanzando hacia una oferta de productos denominados "integrados", es decir, productos que combinan en un mismo útil diversas aplicaciones hasta ahora aisladas.

En el caso específico del estudio, un proveedor informático decide desarrollar una estación de trabajo integrando a la vez herramientas de oficina y de comunicación. En este tipo de productos se manifiestan una serie de problemas de concepción, para cuya solución no basta la sola competencia tecnológica. Para demostrarlo, el autor parte del análisis del trabajo de las secretarias, con el objeto de identificar qué ha posibilitado que los diseñadores modifiquen su imagen de esa actividad. En cuanto al concepto del producto que se desea, los diseñadores pasaron de la preconcepción de diseño "pensar a prueba de tontos" a un planteamiento basado en el desarrollo de un útil de asistencia para la planificación de la actividad secretarial. Por otra parte, este estudio permitió identificar las relaciones que las secretarias crean naturalmente entre los diferentes elementos que utilizan, esto se realizó con el objetivo de llegar a las especificaciones de cada aplicación y así tender hacia una concepción de la totalidad del producto.

Otro estudio desarrollado en la misma lógica de modificación del diseño a partir de las representaciones que se construyen los operarios del uso de los objetos, fue desarrollado en el dominio de las industrias de procesos continuos. Este estudio se enfoca en el principio de redefinición del rol de los automatismos y de los operarios, e indica que el objetivo de la redefinición es plantear el principio según el cual las posibilidades técnicas deberán estar desplegadas alrededor de

una nueva definición funcional de un puesto de control, y dejar de lado la concepción de diseño basada en el principio de control y conducción por excepción. Esto significa desarrollar un diseño funcional basado en el control dinámico de eventos, es decir un diseño que posibilite la previsión y el control en tiempo real.

Estos estudios permiten comprender las razones por las cuales la ergonomía debe situarse en el inicio del proceso de diseño, con el propósito de orientar la elaboración del concepto del objeto y asistir en la etapa de formalización y especificación de la solución. Por ello podemos considerar que la función de la ergonomía en el proceso de diseño es brindar la posibilidad de estructurar la acción de los individuos. Para lograrlo, el diseñador debe considerar dos principios útiles en la definición de la solución y de la interacción o interacciones que se den con esta, estos principios son la especificidad y la aplicabilidad de la solución.

5.2. La especificidad

La especificidad se refiere a la necesidad que tienen el diseñador y el usuario de identificar la o las funcionalidades propias de la solución. Para identificar lo específico de una solución se requiere que el diseñador desarrolle un conocimiento preciso de la situación en la cual se desempeñará el objeto, la función que se asigna a los usuarios en el desarrollo del uso y el nuevo estatus del objeto en el desarrollo de la acción. A continuación abordaremos cada uno de estos elementos que definen la especificidad de la solución.

5.2.1. La situación

Norman (1991) y Payne (1991) desarrollan la siguiente idea acerca de la noción de situación: "las estructuras del mundo externo, las cuales comprenden también las estructuras concebidas por los hombres, son los determinantes críticos de la actividad y de la experiencia de un individuo". En la misma dirección, Norman indica que: "los usuarios estructuran su mundo organizando los objetos con el fin de realizar las tareas de una manera más simple". Esta organización les permite establecer las relaciones entre los objetivos esperados y el referente en el mundo. Payne (1991) adopta un punto de vista similar, sugiere que la estructuración que realizan los usuarios de los artefactos surge de tres aspectos que él define así:

- El artefacto suministra una representación de un dominio específico de la tarea que se debe cumplir. Para lograr el objetivo el usuario actúa con y sobre el artefacto.
- Existe entonces un lenguaje de interacción que es específico de cada artefacto y que posibilita el intercambio de información.
- Una serie de respuestas que provienen del artefacto (retroalimentación) guían la interpretación de los resultados de las interacciones de los usuarios.

Estos acercamientos al problema planteado por el concepto de situación reposan en la idea de que el pensamiento adquiere forma a partir de los "útiles". Por ello, los autores mencionados consideran que es necesario analizar la manera por la cual los artefactos estructuran y reestructuran la tarea que realiza el individuo; además, esta reestructuración puede analizarse proponiendo problemas nuevos, y por la identificación de los aportes del individuo en términos de recursos utilizados para la realización de la tarea. Este punto de vista integra en una dimensión la situación de interacción en la relación entre usuario y artefacto. Por esto se considera que la utilización de un artefacto no puede estudiarse independientemente de la situación en la cual actúa y de la actividad que soporta, la cual es ejecutada por un individuo; es decir, artefacto y situación hacen parte de una misma realidad.

En el mismo sentido, Conein y Jacopin (1994) señalan la función informativa que desempeñan la tecnología y los artefactos en la construcción del medio ambiente. Los autores hablan en este caso de *acción situada*. "Esta noción requiere pensar la organización de la acción, como un sistema emergente 'in situ' de la dinámica de las interacciones". La noción de "acción situada" puede referirse, según la naturaleza de las interacciones consideradas, a:

- El rol de la palabra, ya que la acción es definida como situada, pues está orientada a un destinatario y depende de la acción de este destinatario.
- El rol del ambiente, ya que los ambientes equipados de artefactos y de objetos pueden jugar una función de guía para el desarrollo de la acción. Esta concepción se encuentra principalmente en los trabajos de

> Lave (1988). El planteamiento del autor es esencial para comprender las relaciones existentes entre "la inserción de la acción en el entorno" (ya que la acción está vinculada a unas características específicas del entorno) y "la construcción del contexto por la interacción" (las interacciones se definen de acuerdo a los tipos de problemas encontrados y tratados). En esta perspectiva la acción está guiada e inscrita en las circunstancias locales, y la situación, en consecuencia, es construida por la acción. Esto quiere decir que la situación resulta de las interacciones realizadas por el individuo, podemos indicar por tanto que el mundo provee una ayuda esencial para poder actuar.

De acuerdo a lo planteado la situación puede manifestarse en la acción según dos modalidades:

- Como una exigencia, ya que en los espacios equipados que guían la actividad los artefactos son efectivamente soportes de información eficaces.
- Como un resultado de la actividad de las personas. El ambiente inmediato se ve modificado de manera continua, y crea nuevas relaciones espaciales.

En el proceso de diseño podría entonces considerarse la situación como una vía pro-activa de ayuda en la definición de las características del objeto. El respeto de la singularidad, de la complejidad y de la significación del contexto en cada situación podrá considerarse como una condición en el desarrollo del proceso de diseño de una solución.

5.2.2. El papel del usuario

La última noción a tratar respecto a la especificidad de una solución es la relacionada con el papel que ocupa el usuario en el proceso de desarrollo de una solución. Desde el punto de vista de la ergonomía el hombre se caracteriza como un actor comprometido en una actividad finalizada. Por ello, la evolución, el cambio o la introducción de un nuevo artefacto conducen a que este individuo deba

recomponer su actividad, de manera que el cambio se convierte en el medio por el cual la actividad es redefinida y actualizada, con el objetivo de lograr las metas establecidas de antemano.

En este sentido, Henderson (1991) sugiere que se debe optar por una visión más amplia del diseño e invita a considerar a los usuarios como actores que contribuyen al diseño, en la medida en que cuando se sirven de un sistema son susceptibles de inventar nuevas prácticas, en particular, cuando los artefactos no están bien diseñados. *La idea aquí es que el diseño se desarrolla en la utilización y que los utilizadores sean ellos mismos actores del proceso de concepción*.

Gran número de autores sugieren que los diseñadores necesitan comprender la función de los recursos puestos en obra por los usuarios, a fin de realizar eficazmente su actividad, y por ello los usuarios deben trabajar directamente en sus desarrollos. Este principio se basa en la idea de que los recursos empleados por los usuarios para cumplir el objetivo de la tarea pasan generalmente desapercibidos para los diseñadores, y se debe observar que son desarrollados por los usuarios a lo largo del tiempo, y los diseñadores deben incluirlos en su proceso de resolución. Estos recursos pueden desaparecer fortuitamente con la aparición de nuevos diseños o con el desarrollo de estrategias de compensación nuevas. La evolución rápida de las tecnologías implica, de otra parte, una reducción en el tiempo que los usuarios necesitan para poder desarrollar aquellos recursos.

Respecto al tema de los recursos elaborados por los usuarios para el desarrollo de su acción, Disessa (1991), Bannon y Bødker (1991) sugieren concentrarse en los cambios cualitativos de las capacidades humanas y de la experiencia que emerge de la interacción con el medio ambiente. Los autores se apoyan en las teorías de la acción, con el fin de poner en evidencia la función de autorregulación y de autoorganización de los usuarios en la realización de las tareas que les son asignadas. En este sentido Disessa propone:

- Considerar al usuario como actor que interviene de manera activa en el desarrollo del uso.
- Considerar que la relación actividad - situación va más allá de una simple relación de correspondencia o de ajuste. Esta relación obedece a las

condiciones de desarrollo de la acción, y la actividad resultante estaría influenciada por estas condiciones.

Bannon y Bødker (1991) desarrollan una noción parecida. Para ellos, un problema típico es que *el diseñador es un observador desligado del uso y no un colaborador activo con el usuario*. El diseño crea inevitablemente nuevas convenciones para una actividad social, sin embargo, estos aspectos son con frecuencia la obra de los usuarios y aparecen ante todo como defectos; los autores sugieren entonces que "el diseño debe ser visto como un lugar de reencuentro entre los actores de la práctica humana". Esta visión está en la base de la elaboración de un acercamiento *pro-activo* del diseño, que se apoya en la necesidad de comprender la significación para los usuarios de la actividad cuando es *instrumentada*. Lewis (1991) traduce este punto de vista, indicando que "es necesario ocuparse en describir los procesos al origen de los fenómenos observados antes que caracterizar estos fenómenos sin otra explicación".

Estos autores sostienen que los aspectos ligados a los artefactos no pueden ser separados significativamente de las situaciones reales en las cuales se desarrolla y se realiza la actividad; proponen, por ejemplo, considerar los computadores no como objetos y sí como instrumentos por múltiples razones:

- Los artefactos son constantemente transformados en la actividad. No existen solo como objetos; toman una significación como medios.
- Los artefactos mediatizan el uso y a este título son instrumentos.
- Lejos de ser medios individuales, los artefactos se distribuyen en la actividad.
- Estos artefactos adquieren una significación en la práctica social.

Bannon y Bødker proponen interesarse en la actividad y en el uso real de los artefactos en las situaciones de trabajo, esto es, en esas situaciones en las cuales los artefactos adquieren su estatus de instrumento en relación a la acción y a la actividad.

La elaboración de un diseño necesita tomar en cuenta el contexto y más precisamente las clases de situaciones que se articulan a su uso, esto significa

introducir en el diseño la necesidad de especificidad y de aplicabilidad. Estos conceptos de uso deberán reagruparse bajo el vocablo de "clases de situación"; el contexto de uso debe anclarse en situaciones particulares, que se definen más por un contenido que por unas características. Hablar de clases de situaciones permite englobar la diversidad de usuarios y de situaciones, y reagruparlos según características que pueden ser definidas.

Este concepto permite considerar, a la vez, la estructuración de la actividad y más precisamente las acciones en las clases de situaciones identificadas, y el sentido que pueden tomar las interacciones en estas situaciones. Para que un diseño demuestre ser útil (especificidad) es necesario comprender el dominio del usuario, y para llegar a un diseño más útil (aplicabilidad) es necesario comprender el dominio de la situación. Estos dos conceptos se agrupan al definir las clases de situaciones de uso, por ello la definición de estas situaciones permite:

1. De parte del utilizador:
    - Caracterizar las situaciones de interacción.
    - Comprender la estructuración de la actividad que se construye en cada una de estas.
    - Comprenderla como una ayuda que es esencial y puede guiar.
2. De parte del diseño:
    - Caracterizar a lo que se trata de responder.
    - Informar acerca de la diversidad de tareas implicadas en su tratamiento.
    - Representar la "realidad", orientando las metas y objetivos de diseño.

5.3. La noción de aplicabilidad

La idea de la aplicabilidad es central al momento de usar la denominación de ergonómica para una solución, ya que la aplicabilidad se refiere a los usos elaborados en función de las situaciones en las cuales esta solución se desempeña. Es decir, indica el universo de posibles aplicaciones de un artefacto, que se desarrollan a través del uso y a partir de las situaciones. Los trabajos de Hutchins (1994) y Norman (1993) sugieren que los objetos pueden jugar la función de so-

portes de información, además de la representación de la acción bajo la forma de procedimientos. Lo importante en este caso es que exista una representación pertinente para la situación, y no cualquier tipo de representación. Por ello, el diseño de objetos debe integrar en sus funcionalidades las características particulares de la situación y de la actividad desplegada por el usuario.

La correspondencia entre las funcionalidades del objeto y las representaciones de la situación y del trabajo desarrolladas por el usuario requiere una vinculación precisa en el diseño, esto con el objetivo de permitir realizar las metas del usuario. Así, un objeto definirá su aplicabilidad cuando el usuario encuentre una correcta correspondencia entre las potencialidades funcionales del objeto, las representaciones de trabajo y la actividad estructurada por el mismo usuario. Para el diseño, la noción de aplicabilidad se vincula al estudio de la noción de regulación.

5.4. La noción de regulación

La regulación se asocia a toda acción e implica la situación. Resulta de diversas formas de conocimiento y de razonamiento que definen la estrategia que deberá usarse en cada uno de los contextos, circunstancias del entorno y según las necesidades de la acción. En este sentido se pueden tomar las ideas planteadas por Le Moigne (1995), quien señala tres cualidades características de la regulación que lleva cabo un individuo en un proceso:

1. La acción del individuo para ajustar el proceso: se encuentra asociada a la necesidad de mantener la estabilidad y la regularidad del ritmo del proceso.
2. La acción de seguimiento: en el sentido de la retroalimentación requerida por el individuo para asegurar que una constante se mantenga en el proceso.
3. La acción de compensación: asociada a la búsqueda de equilibrio de las perturbaciones del proceso.

Desde la perspectiva cognitiva se puede referenciar la idea de regulación planteada por Piaget (1975). El autor considera la regulación como un "proce-

so dinámico que pone el acento en las interacciones que permiten el equilibrio entre un individuo y su medio exterior"; por esto la regulación debe ser considerada como una cualidad pro-activa, en el sentido de que permite al usuario prever el funcionamiento del objeto según la situación y no como una cualidad reactiva, que busca corregir derivaciones del proceso.

El diseñador debe, en consecuencia, considerar la regulación como una "estructura de acciones que buscan la anticipación de eventos y como la interacción con el funcionamiento de un sistema en una situación dada". Se trata, pues, de un proceso complejo de gestión de conocimientos y de saber práctico sobre los estados funcionales, así como sobre los cambios y evoluciones de un sistema. En la búsqueda de aplicabilidad de las soluciones de diseño, el diseñador deberá comprender que la regulación se inscribe en la dinámica de una situación (variaciones de estructura, operación y función), y que esta regulación evoluciona (se hace más compleja) en función de los conocimientos y saber del usuario.

Se pueden definir dos sub-categorías de regulación, que hacen parte de la acción del usuario y deberán ser consideradas en el proceso de diseño:

1. Regulación funcional. Esta forma de regulación busca la correspondencia de los valores que caracterizan el comportamiento de un sistema con los valores de la consigna de funcionamiento establecida y comunicada al usuario; es decir que el usuario trata de equilibrar lo que se solicita con los parámetros de funcionamiento del objeto. Las acciones o intervenciones de corrección efectuadas por el usuario serán mayores en la medida en que la distancia entre estos valores sea importante.
2. Regulación estructural. Tiene como objetivo mantener el sistema operacional, igual si se alteran no solo los factores externos sino también la estructura interna del sistema. Es importante recalcar que la mayor parte de los sistemas complejos poseen estas propiedades (ecología, fisiología).

Finalmente se puede decir que el conjunto de conceptos que vienen de ser discutidos a la luz del proceso de diseño buscan proveer elementos de trabajo pa-

ra el diseñador. Entre ellos aparece como central el de integración del usuario como actor del proceso de diseño, que permite redefinir este proceso y orientar la acción del diseñador. El propósito es que en el desarrollo de soluciones se integre también la situación de uso, para lo cual el diseñador deberá emplear herramientas que permitan no solo caracterizarla, sino comprender los elementos que la componen y definen, así como las relaciones que estos elementos establecen en función de la complejidad de la situación.

La integración del usuario como productor y actor de la acción permite involucrar desarrollos propios de su acción al diseño, y abre la posibilidad de hacer más funcionales las soluciones con las cuales debe interactuar. La interacción usuario - objeto tiene diversos matices, para los cuales la solución debe proporcionar elementos de adaptación.

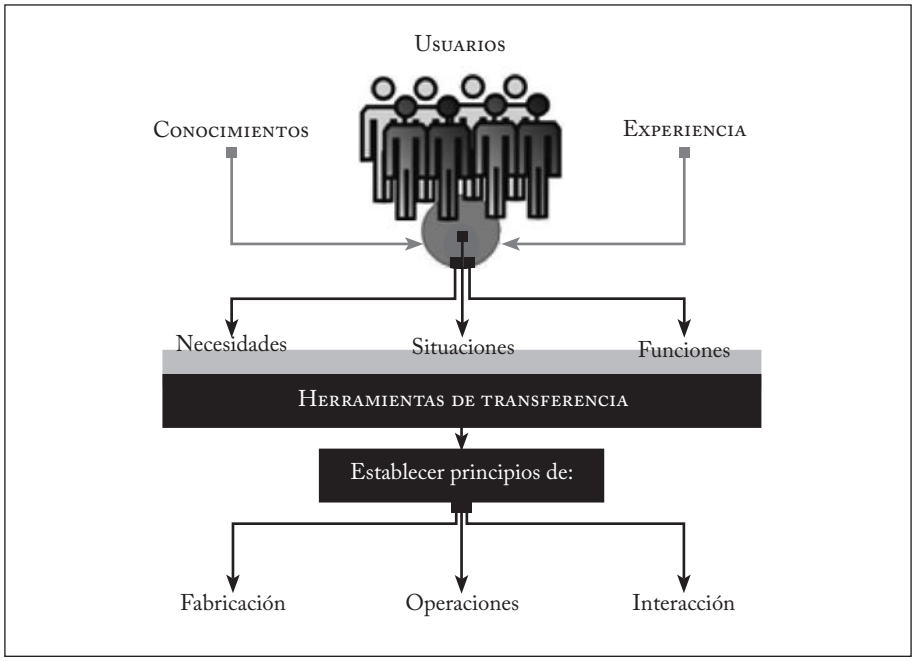
De esta forma, como complemento del análisis ergonómico del trabajo orientado al desarrollo de una solución ergonómica que acaba de ser discutido, y de los criterios de uso especificados, se presentan algunas de las herramientas que permiten al diseñador caracterizar el problema de diseño en función de la acción del usuario; también se presenta el análisis funcional como herramienta complementaria del proceso de diseño que permite integrar el punto de vista del usuario, así como las posibles situaciones para el diseño de una solución.

6. Herramientas para el diseño enfocado en el usuario

Para el desarrollo de una solución ergonómica se debe hacer uso de herramientas que permitan realizar la transferencia de las expectativas y conocimientos de los usuarios a las funcionalidades de la solución.

Las herramientas que permiten traducir la expresión de la necesidad del usuario, y la identificación de los contextos y situaciones de uso en términos de funciones, juegan un papel central en el proceso de transferencia de los conocimientos y de la experiencia de los usuarios a principios de diseño que permitan determinar la fabricación de la solución; el objetivo es especificar las formas de utilización y definir las formas de interacción con la solución.

Gráfico 54. Modelo de las etapas de transferencia de la experiencia de los usuarios al diseño de la solución



El proceso de desarrollo de una solución ergonómica parte de la identificación y aplicación de estas herramientas de transferencia; para ello se deben considerar dos principios. El primero hace referencia a que el diseñador debe encontrar herramientas que permitan la expresión de los conocimientos y la experiencia tácita y explícita del usuario, en términos de necesidades, situaciones y funciones.

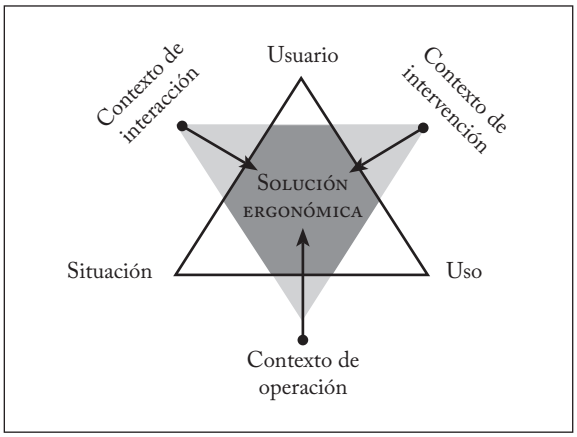
Una vez se logra la expresión de estos elementos se deben encontrar los medios de transferencias en términos de especificación. Esto significa que el proceso central de diseño de una solución se basa en encontrar los recursos para especificar en principios las propiedades y características finales de la solución ergonómica.

En este apartado se presentan, entonces, desde una perspectiva ergonómica, tres herramientas útiles al proceso de diseño. Estas herramientas se encuentran documentadas y se presentan siguiendo los lineamientos y definiciones de diferentes normas.

Como se ha discutido en los anteriores apartados, el desarrollo de soluciones ergonómicas de diseño requiere de la integración de las expectativas de los usuarios, que debe efectuarse adoptando un proceso centrado en la relación situación - usuario - uso. La adopción de este punto de vista, enfocado en el estudio de las acciones del usuario del futuro sistema en términos de contextos de intervención, interacción y operacionalidad, permite al diseñador comprender mejor los objetivos y funcionalidades que el sistema deberá poseer; al mismo tiempo le permite definir el grado de formalización de las acciones y la flexibilidad que el sistema requiere.

Para el desarrollo de una solución ergonómica, el diseñador debe ante todo orientar su intervención a estructurar los principios de diseño a partir de la identificación de los diferentes contextos que genera la relación usuario situación - uso. El primero de ellos es el contexto de intervención, que depende de las diferentes situaciones a las cuales el usuario debe hacer frente; de él se desprende el segundo contexto, que analiza las interacciones producidas; en el tercero se especifican las formas de operación.

Gráfico 55. Contextos y actores en el proceso de definición de una solución ergonómica



De esta manera, el desarrollo de un nuevo sistema plantea al diseñador la necesidad de reconocer la estructura de la acción del usuario y las características de los objetivos que el usuario persigue, esta información es vital para decidir la complejidad tecnológica y operacional del diseño. Lo anterior, indudablemente, define la accesibilidad y usabilidad de la solución. Para alcanzar este objetivo el diseñador

debe disponer de herramientas de trabajo que le permitan desde el punto de vista ergonómico llevar a cabo un procedimiento adaptado a estos requerimientos.

Tradicionalmente los diseñadores adoptan un punto de vista descriptivo que busca reducir la complejidad de las tareas y acciones de los usuarios, para ello utilizan la estrategia de descomposición de problemas presentada anteriormente. La adopción de este punto de vista igualmente restringe las condiciones de uso y en la mayoría de los casos subestima las capacidades (cognitivas primordialmente) de los usuarios; en ocasiones reduce las posibilidades de innovación tecnológica, ya que el diseñador se ve encerrado en soluciones estándar y sus respuestas surgen y se expresan en términos de lugares comunes.

En el marco de cambio vertiginoso de la tecnología de las relaciones interculturales, y de acceso a nuevos servicios, los usuarios encuentran que las soluciones estándar, el acceso limitado a las funcionalidades de los productos y la renovación técnica de estos es un factor determinante para las nuevas prácticas de uso.

De esto se deduce la necesidad de integrar al proceso de diseño herramientas que permitan acercarse técnicamente al desarrollo de una solución, sin que por ello se pierdan los componentes creativos del proceso. El proceso de diseño requiere entonces útiles de razonamiento que le permitan al diseñador inscribir su acción en una lógica técnica, pedagógica y cognitiva.

Esta última se refiere a la posibilidad que tiene el diseñador de obtener de su acción de diseño la estructuración de un saber específico, de construir una experiencia proyectual que le permitirá orientar su creatividad a la selección de opciones técnicas, sin importar si los cambios tecnológicos son previsibles o no. De esta manera, el uso de herramientas que conducen al desarrollo de soluciones ergonómicas se compone de al menos tres etapas:

1. La primera etapa se orienta a precisar la necesidad que surge de la situación objeto de estudio. Esto significa que se requiere establecer con gran fidelidad los objetivos a los cuales debe responder el sistema a diseñar.
2. En la segunda etapa se requiere determinar los elementos del contexto que afectarán de manera positiva o negativa la acción del usuario, que condicionan de alguna manera la puesta en función del sistema.

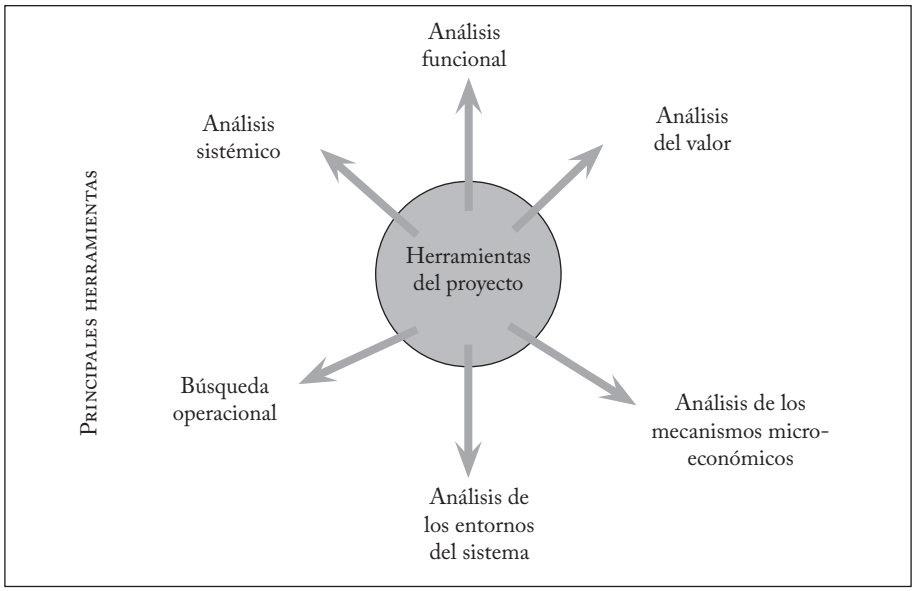
3. Finalmente, en la tercera etapa se requiere precisar las funciones que el sistema deberá poseer para responder a las expectativas operacionales y funcionales de los usuarios. Se puede recurrir a métodos de exploración tecnológica que permitan encontrar principios nuevos para las funciones identificadas.

Antes de presentar las herramientas que se adaptan a cada una de estas exigencias, se considera relevante realizar un breve acercamiento al concepto de sistema. Preliminarmente se considera que el concepto de sistema puede definirse de muchas formas; adicionalmente encontramos que en la literatura esta definición varía, aunque conceptualmente se conserva la idea de relación entre elementos de diversa naturaleza, cuyos grados de relación (interacción) definirán la complejidad del sistema; de igual manera existe un acuerdo en cuanto a la finalidad del sistema, es decir, todo sistema articula sus elementos para garantizar un objetivo común. En adelante adoptamos la definición de sistema que establece que está determinado por un conjunto de elementos interactúan en forma dinámica, y que tales interacciones se organizan en función de un objetivo.

Un sistema se considera, por tanto, un conjunto finalizado, con límites bien definidos, caracterizado por relaciones que lo vinculan a su entorno y a otros sistemas, para lo cual adopta mecanismos de adaptación. Esto hace que a cada instante un sistema se caracterice por un "estado" definido por un grupo de valores que adoptan en conjunto sus componentes, de acuerdo al contexto y a las condiciones de interacción. De esta manera podemos decir que la variedad de formas que adquiere un sistema están asociadas al número de estados posibles que se puedan identificar en su funcionamiento.

En el caso del diseño de soluciones ergonómicas esta variedad puede modificarse dinámicamente. Algunos aspectos hacen más compleja la comprensión de la noción de sistema, por ejemplo, la definición de su frontera, ya que puede estar compuesto de subsistemas y adicionalmente la frontera del sistema será definida en función de los objetivos del diseñador (por ejemplo, determinar cómo las perturbaciones que provienen del entorno modificarán la estructura del sistema).

Gráfico 56. Herramientas metodológicas para el análisis de soluciones ergonómicas



En adelante, las herramientas que se presentan utilizan la noción de sistema para referirse al futuro producto a desarrollar por el diseñador. Esta noción no es extraña al diseñador, por ello se adopta para precisar de mejor manera la estructura y funcionalidad de la solución a desarrollar.

A continuación abordamos las herramientas que permiten al diseñador integrar la situación y el usuario, y relacionar las funciones con las posibles interacciones, estas herramientas son en su orden: el análisis de la necesidad, el método APTE o análisis de los inter-actores que definen una situación, y por último, el análisis basado en la definición de funciones.

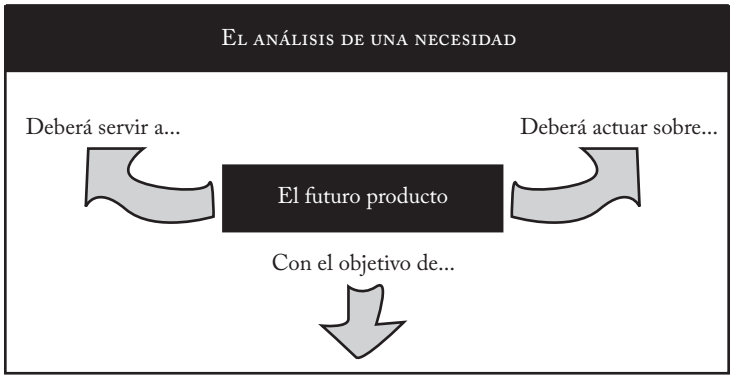
6.1. Herramienta para la integración usuario/situación/función

6.1.1. El análisis de la necesidad

El objetivo de efectuar el análisis de la necesidad es situar el futuro producto en relación a su verdadera justificación. Según la norma francesa NFX 50-151, "el primer paso en un método racional de diseño de un producto es la expresión de la necesidad. Este es un factor determinante de la competitividad, por lo cual se debe utilizar una herramienta metodológica para identificar y establecer desde el inicio las exigencias técnicas que el producto debe integrar".

El análisis de la necesidad puede ser dividido en tres etapas, que se ordenan y estructuran para permitir al diseñador precisar la necesidad que debe tratar en el desarrollo de una respuesta de diseño. El análisis riguroso de la necesidad permite el desarrollo de un proceso de diseño orientado y que puede conducir a responder de manera adecuada a las expectativas de los usuarios.

Gráfico 57. El análisis de la necesidad



En la elaboración de la necesidad se utiliza una herramienta desarrollada por la sociedad APTE que orienta la intervención del diseñador para identificar el objetivo que persigue el usuario (debe servir a), los contextos de uso, interacción y operación (debe actuar sobre), y el objetivo especificado por el usuario a partir de la situación, de sus conocimientos y de su experiencia (con el objetivo de).

6.1.2. Procedimiento para el análisis de la necesidad

El análisis de la necesidad será entonces desarrollado en tres etapas sucesivas e interrelacionadas, de acuerdo a la norma francesa NF X50-151.1991.

6.1.2.1. Reconocimiento de la necesidad

Para reconocer la necesidad se debe proceder inicialmente a plantear interrogantes que buscan determinar, en primer lugar, el beneficiario efectivo del sistema (en adelante se utilizará la noción de sistema para referirnos al producto que se debe diseñar); y en segundo lugar, buscan precisar por qué y con qué objetivo se debe diseñar este sistema y establecer sus cualidades funcionales.

Se trata de identificar el dominio o campo sobre el cual el sistema debe actuar; de esta forma se plantean tres preguntas, que pueden ser representadas recurriendo a un gráfico de tridente en el cual se sitúa en el centro el sistema a desarrollar y en los terminales la respuesta a las preguntas planteadas (ver gráfico 53). Es importante tratar de responder a estas preguntas a partir de un análisis cuidadoso de la actividad del usuario, como ya se mencionó, tomando muy en cuenta el o los contextos en los que el sistema tendrá que desempeñarse.

Las preguntas que se debe plantear el diseñador y que debe responder a partir del análisis de la relación usuario - situación - uso, son:

a) ¿A quién o a qué debe prestar servicio el sistema? Se trata de identificar los objetivos, metas e intereses del usuario y las características del dominio de actuación del futuro sistema. Es significativo para el desarrollo de la solución considerar que en algunos casos el sistema a diseñar podrá prestar servicio a diversos usuarios o deberá ser adaptado a diferentes dominios de aplicación. La respuesta a esta pregunta permite en alguna medida precisar el nivel de interacción requerido por el sistema.
b) ¿Con qué objetivo, por qué hacerlo? El diseñador busca precisar el objetivo que se espera cumplir con el uso del sistema. Este interrogante se refiere a las funcionalidades que deberá poseer el sistema para alcanzar la meta y objetivos que se propone el usuario. De igual manera se deberá prestar especial cuidado a las razones por las cuales se debe realizar la acción esperada o se debe integrar una funcionalidad al sistema. En última instancia se trata de saber si es necesario iniciar el proceso de diseño de una solución o si la necesidad podrá ser resuelta con otro sistema existente o con otro recurso. La repuesta a esta pregunta permite en gran medida conocer el grado de especificidad del sistema.
c) ¿Sobre qué o sobre quién actuará el sistema? Con este último interrogante se trata de conocer la situación y contextos específicos de uso. El objetivo para el diseñador es determinar las condiciones de desempeño del sistema según el dominio de aplicación y aprovechamiento de las funcionalidades que este deba poseer. La respuesta a esta pregunta

determina varios aspectos: el grado de prescripción a adoptar, la aplicabilidad y flexibilidad que el sistema deba contener y el grado de codificación que será necesario desarrollar.

El reconocimiento de la necesidad permite al diseñador pasar de una situación de expectativa o de incertidumbre, en la cual no está seguro de cómo ordenar su proceso de diseño, a una situación de planificación y gestión de información que le permite determinar el carácter y complejidad de la acción de diseño que su proceso podrá comprender. Después de haber identificado la necesidad, el diseñador deberá validarla con el objetivo de asegurarse de que se encuentra en el camino apropiado.

6.1.2.2. Validación de la necesidad

Esta etapa, de acuerdo a la norma francesa NF X50-151.1991, establece que el control de validez de la necesidad obedece al interés que tiene el diseñador de identificar claramente la necesidad a la que se trata de dar solución. Esta identificación hará más expedito y claro el proceso de diseño, por ello el diseñador se preocupará de obtener el mayor número de criterios que le permitan verificar la validez de la necesidad en referencia al contexto y al usuario.

La noción de validez determina en cierta medida la aceptabilidad o no de la necesidad a tratar, lo cual permite determinar las estrategias a poner en juego para desarrollar la acción. La noción de validez o no validez corresponde a las formas de los razonamientos empleados por el diseñador. En este sentido, Lakatos considera que "evaluar no es dar consejos" (1981: 152). Por tanto, para alcanzar este objetivo de evaluación el diseñador deberá plantarse las siguientes preguntas:

a) *¿A partir de qué (cuáles) objetivo(s) se quiere responder a la necesidad?* El diseñador trata de establecer el(los) objetivo(s) al(a los) cual(es) debe responder la solución en términos de rendimiento o productividad buscada, en términos de cubrimiento y alcance del sistema, en términos de beneficio esperado de la puesta en práctica de la solución, y en térmi-

nos de revalorización de las condiciones de la tarea o de mejoramiento de sus condiciones de ejecución.

La respuesta a los criterios que plantea esta pregunta permite al diseñador verificar la validez de la necesidad respecto al impacto que podrá tener el sistema.

b) ¿Cuál es la causa a partir de la cual se quiere responder a la necesidad? Se trata de establecer las relaciones de dependencia entre la calidad del resultado obtenido y la calidad requerida por el sistema. Entonces se pueden identificar los efectos negativos del sistema en la ejecución de la acción requerida. De esta manera el diseñador puede verificar las relaciones de causa entre los resultados obtenidos y las condiciones de ejecución.

c) ¿Qué sucedería si desapareciera el objetivo o la causa de la necesidad? Se trata de plantear una hipótesis en la cual se relacionan variables que indican la no existencia de las condiciones de generación de la necesidad. La hipótesis está construida básicamente por variables (conceptos en matemáticas) independientes (no se pueden negar, ya están comprobadas) y dependientes (son los supuestos, la parte de la hipótesis que podemos sugerir, tienen que probarse). Una hipótesis es la asociación artificial de una o varias variables independientes con una o varias variables dependientes.

Para formular la hipótesis de desaparición de la necesidad, el diseñador debe efectuar una "vigilia tecnológica" que le permita verificar la existencia de tecnologías que respondan a esta necesidad, o verificar cambios en las prácticas y hábitos de consumo que puedan hacer innecesaria una solución.

Si se encuentra que la hipótesis no puede plantearse porque las soluciones existentes presentan limitaciones para responder a los objetivos, entonces se puede verificar la validez de la necesidad.

6.1.2.3. Caracterización de la necesidad

Una vez validada la necesidad se procede a la caracterización. Esta caracterización busca identificar y analizar todos los elementos que hacen parte de la

necesidad, de esta forma se podrán definir las particularidades del entorno del sistema a desarrollar. El objetivo es identificar y caracterizar, definiendo los aspectos esenciales de:

a) *Los actores de la situación*. Los que tienen que ver directamente con la necesidad y de manera indirecta se verán beneficiados o deberán interactuar con el sistema. En la mayoría de las situaciones se entrecruzan los intereses de los potenciales compradores del sistema, de los usuarios directos y de aquellos que intervendrán bien sea para efectuar mantenimiento o porque se verán afectados por la puesta en funcionamiento del sistema en un situación específica.
   Por ejemplo, cuando se introduce un sistema que hace más eficiente una parte del proceso de producción, las tareas posteriores verán sus márgenes de maniobra reducidos por el incremento de productividad.
b) *El modo de organización de la acción*. Identificando y definiendo la manera por la cual el usuario cumple el objetivo actualmente, se busca definir con la mayor precisión posible las funciones del usuario. En este caso se tomarán en cuenta las variaciones del contexto y los efectos de estas variaciones en la organización de la acción.
   Por ejemplo: la composición de los equipos de trabajo, las funciones de cada uno de los actores, las técnicas desarrolladas para efectuar la acción, las técnicas para obtener calidad y reducir los efectos negativos del proceso tal cual se desarrolla antes de introducir la nueva solución y después de que entre en funcionamiento.
c) *La organización cotidiana de las acciones*. Se trata de precisar la distribución del tiempo, las acciones y sus actores de acuerdo a las funciones asignadas en cada caso, la jerarquía e importancia de las funciones y de las acciones desplegadas para lograr los objetivos del usuario en el periodo habitual en el cual se desarrolla la acción.
d) *Los elementos*. Objetos, sistemas, componentes, etc. sobre los cuales debe actuar el sistema, los cuales han sido previamente identificados al efectuar el reconocimiento de la necesidad. Aquí se tratará de definir

la manera como estos elementos se presentan, sus componentes tipo, sus aspectos físicos, formales, etc.

e) *Identificar las herramientas utilizadas*. Son los elementos desarrollados, adaptados o transformados por los usuarios para paliar las deficiencias de operación o para resolver las carencias que les impiden cumplir sus objetivos.

El interés principal aquí es identificar los valores asignados por los usuarios a los elementos por ellos adaptados o creados. El valor de estima de la herramienta utilizada podrá informar sobre los criterios de eficiencia y de pertinencia considerados al adoptarla, también ilustra sobre los razonamientos y recursos cognitivos de los usuarios al momento de planear las estrategias que les permiten cumplir los objetivos trazados.

En síntesis, el análisis de la necesidad permite comprender la dimensión y ámbito del sistema a desarrollar, y permite conocer las expectativas del medio y de los usuarios sobre sus posibilidades de fabricación, compra y tecnología.

En el análisis de la necesidad juega un papel central la adopción de una perspectiva ergonómica de estudio de estos factores, esencialmente porque permite integrar los valores, expectativas y objetivos de los diversos actores de la situación en la cual el sistema deberá desempeñarse.

Una vez finalizado el análisis de la necesidad, se procede a identificar los escenarios de uso, por medio de la identificación de los posibles inter-actores. Luego se procede a una traducción de los elementos encontrados a funciones, para ello se efectúa una definición de funciones a partir de los elementos del entorno. Esto permite determinar las funciones básicas y secundarias, para finalmente ir en busca de principios que permitan la formalización y posterior materialización del sistema.

6.2. Análisis de los inter-actores

Una vez validada la necesidad se dispone del material necesario para traducir estos elementos en términos de funciones, una herramienta útil a este proceso es el denominado análisis de los inter-actores, el cual se basa en el método APTE,

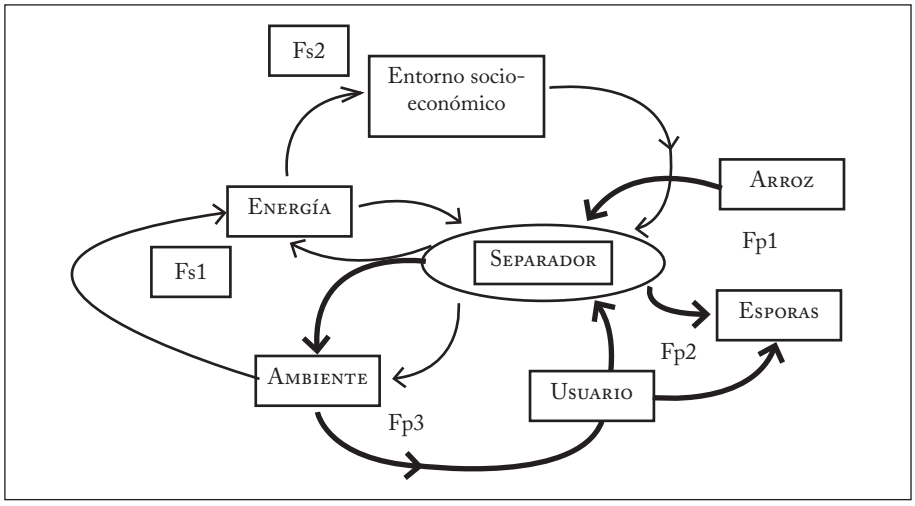
desarrollado por la sociedad APTE[20] y fundamentado en los principios del análisis del valor. Se trata de poner en relación los elementos del entorno identificados a partir de las situaciones en las cuales el diseño o solución deberá desempeñarse.

El primer paso consiste en repertoriar las situaciones de uso, y luego identificar a partir de los contextos los elementos presentes en la situación. Una vez identificados estos elementos se deben identificar las relaciones entre ellos, siempre observando la necesidad como referente para el análisis. En la búsqueda de una solución ergonómica se procede entonces en tres etapas:

6.2.1. Repertorio de elementos

En esta etapa el diseñador identifica los diferentes elementos que están o estarán interactuando con la solución, los elementos que determinan el cumplimiento de los objetivos, los que garantizan la utilizabilidad de la solución y los que garantizan o dan la posibilidad de acceder a las funcionalidades de la solución.

Gráfico 58. Ejemplo de aplicación del método de interactores para identificar los elementos y las funciones en el desarrollo de un sistema de separación de esporas



Fuente: Montoya & Castillo, 2002

[20] La sociedad APTE es el autor del Méthode APTE d'Analyse Fonctionnelle, Analyse de la Valeur, método de referencia usado en Francia para resolver problemas de competitividad de las empresas, el cual es directamente adaptado de L. Miles, *Value Analysis*.

Estos elementos pueden ser agrupados en categorías: fuentes de energía, características del usuario, características del sistema productivo, reglamentaciones existentes, aspectos físicos del entorno, estructura tecnológica de inserción.

6.2.2. Situaciones de desempeño

En este apartado los elementos deberán identificarse de acuerdo a las situaciones de desempeño, esto significa que el análisis previo de la situación de trabajo y la identificación de la naturaleza de la actividad del o de los usuarios, permitirá al diseñador precisar el número y características de estas situaciones. Una situación de desempeño se define como la confluencia de eventos de carácter técnico, organizacional y humano que hacen que un objeto deba responder conservando sus principios de eficiencia y eficacidad.

Luego, la identificación de las situaciones de desempeño indica la importancia de cada uno de los elementos para el cumplimiento de los objetivos operacionales, de interacción y de intervención. De esta manera se construye un gráfico en el cual se determina la situación de desempeño, se especifican los elementos de esta situación y se identifican las relaciones entre estos elementos y la necesidad a la cual se debe responder.

6.2.3. Funciones a cumplir por la solución

De acuerdo a la sociedad APTE, en este punto del método se deben especificar las funciones. Para ello se cuenta con dos posibles tipos de funciones: las que deben responder a las restricciones originadas por uno de los elementos en relación, que se denominan restrictivas; y las funciones esenciales, que se caracterizan por expresar la relación entre dos elementos que en conjunto dan respuesta a la necesidad especificada.

Por ejemplo, en el proceso de diseño de un sistema de movilización de carga a la salida de una línea de empacado. En situación nominal de desempeño, el sistema deberá tener como función esencial permitir al usuario desplazarse con la carga integrando las variaciones del entorno de desplazamiento. Esta función expresa la relación entre el usuario y el entorno, y la necesidad de eliminar los esfuerzos físicos innecesarios.

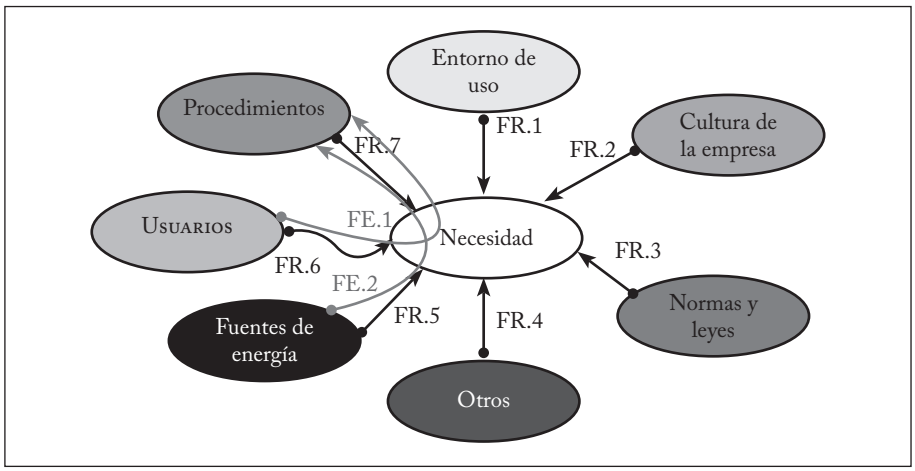
Al lado de la función principal en este ejemplo aparecen funciones restrictivas: el sistema debe permanecer inmodificable en su estabilidad respecto a las características del entorno. Esta función expresa la relación entre las características del medio exterior y la estructura del sistema.

Se puede definir entonces la función esencial como el objetivo central para el cual se diseña la solución y sin el cual el usuario no podrá alcanzar los objetivos fijados. Un sistema puede tener varias funciones principales dependiendo de las situaciones de desempeño. La función esencial es la expresión de la relación entre dos elementos del entorno y la necesidad.

De otro lado, se define función restrictiva como la expresión de una restricción determinada por la relación entre un elemento de la situación y la necesidad. Estas funciones responden a las exigencias existentes o establecidas por el usuario de acuerdo a los elementos técnicos, organizacionales y reglamentarios que afectan el desempeño del sistema.

La aplicación del diagrama de los interactores permite establecer las funciones del sistema al poner en relación dos elementos de la situación con la necesidad (de este cruce se obtiene la función esencial) y cada elemento con la necesidad (de este se obtendrán las funciones restrictivas). Estas funciones serán posteriormente organizadas y categorizadas con el fin de encontrar principios funcionales que permitan cumplir los objetivos de uso del usuario

Gráfico 59. Diagrama de los interactores elaborado a partir de la necesidad



Estas funciones deberán a continuación traducirse en principios de diseño. Para lograrlo, cada una de las funciones debe ser definida. De acuerdo a la norma francesa AFNOR NF X50-15, una función se entiende como la acción de un elemento que hace parte del sistema y que es expresada exclusivamente en términos de finalidad (por lo que este elemento haga).

6.3. El análisis funcional

De acuerdo a la norma francesa AFNOR NF X50-151, el análisis funcional es un procedimiento que consiste en buscar, ordenar, caracterizar, jerarquizar y/o valorizar las funciones de un producto esperadas por un usuario.

El análisis funcional comienza una vez la necesidad ha sido validada. Las fronteras del sistema, producto o respuesta que es necesario diseñar se encuentran claramente definidas; por lo tanto se puede responder a dos interrogantes:

- ¿Que se considera como una contrariedad (es decir el elemento del medio sobre el cual no se puede actuar)?
- ¿En qué está uno involucrado? (Equivale a especificar el sistema a diseñar.)

En el análisis funcional de un sistema o equipo técnico a desarrollar, el objeto técnico cumple una (o varias) funciones determinadas por la necesidad de un usuario. Este usuario al tiempo se encuentra condicionado por una diversidad de factores (técnicos, económicos, sociales, reglamentarios, etc.).

6.3.1. Determinar las funciones

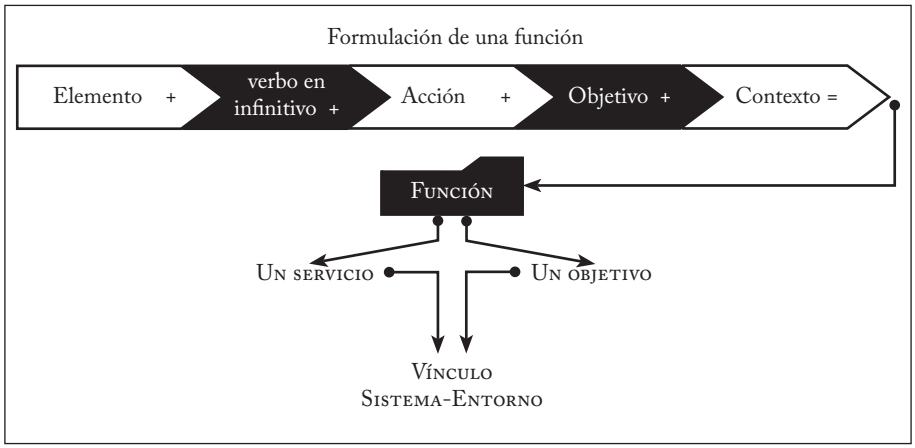
El objetivo del análisis funcional es determinar las funciones y descomponerlas en sub-funciones más simples (objetos intermediarios de solución) cuando es necesario. A estas funciones el diseñador aporta o encuentra soluciones técnicas, identificando principios técnicos que las puedan suplir. La consideración de un número amplio de principios permite comparar un amplio número de posibles formas de especificar el componente, y que permiten definir y resolver la función global del sistema.

El análisis funcional debe ser entendido como un proceso de razonamiento sistemático elaborado a partir de las necesidades. Esta herramienta viene siendo utilizado desde hace tiempo, principalmente en arquitectura (Viollet le Duc, Walter Gropius y la Bauhaus, Le Corbusier, el funcionalismo). Esta herramienta tomó un nuevo aire a partir del desarrollo del pensamiento de análisis sistémico en los años 70. Por su carácter interdisciplinario ha sido la base de un sinnúmero de métodos utilizados en ingeniería, gestión de proyectos, automatización, informática, sociología, pedagogía, biología fisiología, entre otros.

Desarrollar un sistema a partir de la función requiere un razonamiento inductivo (causas/consecuencias) que obliga a definir las finalidades antes de realizar todo diagnóstico o búsqueda de solución. Este acercamiento permite responder a una necesidad, identificar los grados de libertad requeridos por el sistema, reconsiderar y criticar las soluciones existentes, y ampliar el campo de posibilidades para la búsqueda de la solución.

En la determinación de la función de un sistema se debe recurrir a una definición precisa del concepto. De otro lado, se deben comprender los principios que determinan las reglas de formulación de una función. El gráfico 56 presenta estas definiciones y la regla de formulación de una función.

Gráfico 60. Principios del análisis funcional



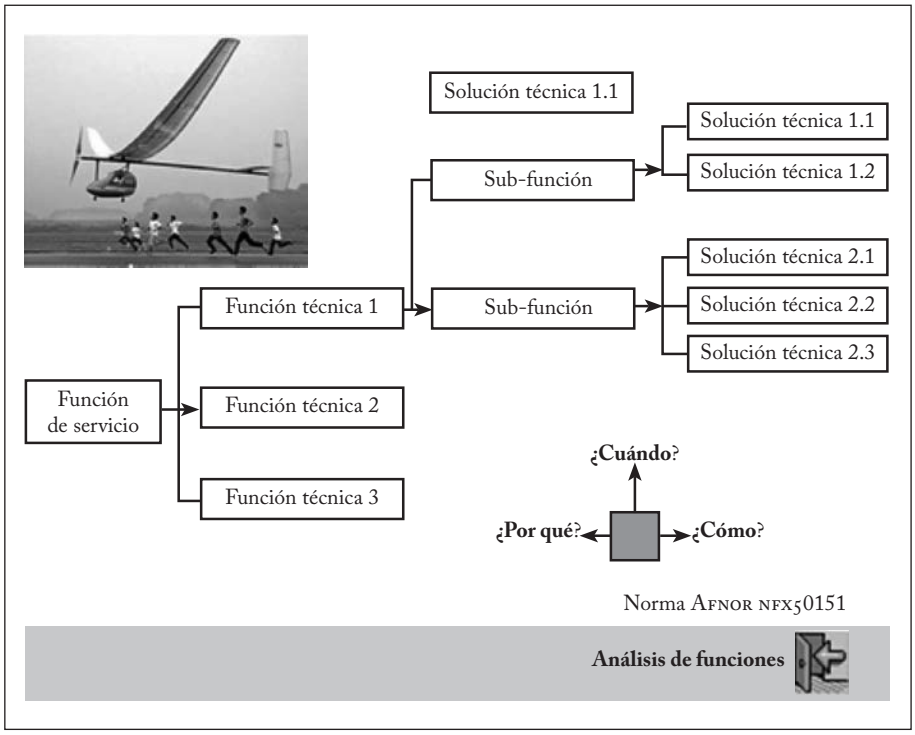
Una de las cualidades fundamentales del análisis funcional es que permite al diseñador delimitar el dominio de estudio y optimizar localmente las soluciones

vía la formulación de sub-funciones, sin perder de vista el sistema en su conjunto. El análisis funcional puede tener como objetivo tanto un producto tecnológico como un servicio, un proceso, un proyecto, una organización o una empresa.

6.3.2. Arborización funcional

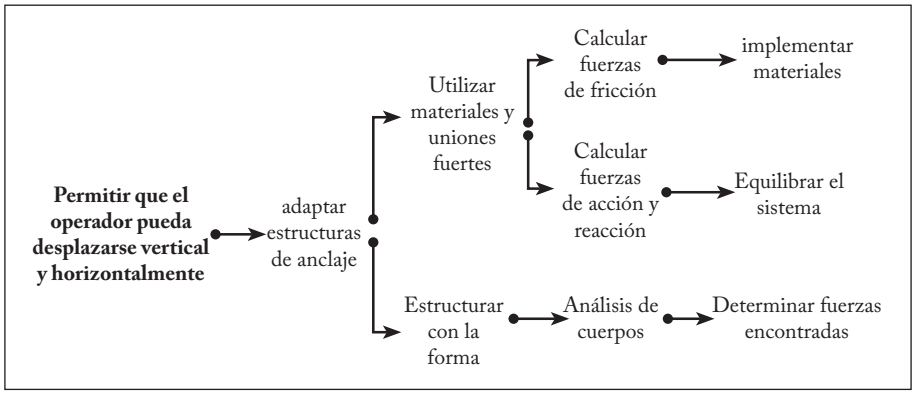
Para encontrar los principios que pueden permitir especificar la solución se recurre al uso de arborizaciones. Una de estas es denominada técnica del análisis funcional de un sistema (Functional Analysis System Technique - FAST). Esta técnica se utiliza una vez son definidas las funciones esenciales y restrictivas del sistema, se recurre a ella como un medio de acceder a la identificación de los principios que permiten o permitirán especificar la solución.

Gráfico 61. Diagrama explicativo para el procedimiento de elaboración de la arborescencia funcional de acuerdo a los principios del método FAST y la norma AFNOR NF X50-151.1991



La arborización funcional parte de una función y busca encontrar el principio que da solución a esta. Para ello se inicia de izquierda a derecha con la pregunta: ¿cómo puede ser resuelta la función? Aquí pueden presentarse varias opciones, para lo cual se utilizan conectores de tipo disyuntivo o inclusivo. La verificación del principio que da respuesta a la función se hace de derecha a izquierda, planteando la pregunta: ¿por qué este principio resuelve la función? También se realizan verificaciones de simultaneidad de principios técnicos para resolver la función, utilizando la pregunta: ¿cuándo este principio resuelve la función? Esta verificación se hace verticalmente para cada uno de los niveles de la arborización. Recurrir a estas preguntas permite comprender mejor la lógica de interacción que deberá ser desarrollada y al tiempo permite comprender mejor cómo deberá ser especificada la solución.

Gráfico 62. Proceso de búsqueda de principios en el diseño de un dispositivo de seguridad para trabajo en las alturas



El ejemplo del gráfico 57 ilustra cómo se construye la arborización funcional. Se debe partir de una correcta formulación de la función, respetando la estructura semántica en la formulación. Luego, para proceder a la elaboración de la arborización, se debe recurrir a la consulta de bases de datos o de principios técnicos o tecnológicos que permitan encontrar un principio de solución. Una vez identificado se procede a realizar la pregunta: ¿cómo hacer?, la cual conduce en algunos casos a obtener varias posibilidades (estructura disyuntiva) o a encontrar una sola opción (inclusiva). Esto permite elaborar con precisión la

arborización y encontrar los posibles principios. Al elaborar el último nivel de la arborización se obtienen unos principios, cuya aplicabilidad se puede establecer regresando en la arborización con la pregunta: ¿por qué aplicar este principio?

7. Conclusión de la segunda parte

El proceso que conduce del análisis de una situación de trabajo a la especificación de una solución que ayude a mejorar las condiciones de productividad y de salud de esa misma situación, es complejo cuando se desarrolla en rigor; es decir, cuando el analista cumple cada una de las etapas, no solo desde la perspectiva del observador, sino también desde la perspectiva del observado.

Como se ha mostrado en el texto, dos grandes etapas se deben cumplir en este proceso:

a. La primera se refiere a la correcta identificación y análisis de la situación objeto de estudio. Para ello se deben establecer algunas precisiones. Por ejemplo, es necesario especificar cuándo se trata de un problema de condiciones de trabajo y cuándo se trata de un problema de condiciones de uso. Cada una de estas distinciones dará origen a estrategias de intervención diferentes, ya que las condiciones de uso incluyen soluciones de carácter inmaterial y material, adicionalmente no siempre la modificación de un instrumento o herramienta de trabajo implica la solución de la problemática. Al contrario, los análisis superficiales que se realizan en estos casos tienden a generar nuevos problemas y desplazar los actuales.
b. La segunda etapa requiere que el diseñador recurra al uso de algunos principios y herramientas que ayuden en el proceso de especificación de una solución. Estos elementos han sido presentados en la segunda parte del texto, sin ser exhaustivos pero de forma práctica y precisa. Estas herramientas garantizan un proceso racional de búsqueda de la solución sin inhibir el proceso creativo; adicionalmente, son presentadas como adaptadas al proceso de producción de soluciones ergonómicas por ser herramientas validadas en el campo del diseño.

El camino que conduce de la expresión de la necesidad a la especificación de la solución está dirigido y centrado en el usuario; esta actitud establece el rol central de la ergonomía: ayudar a expresar los elementos centrales de las actividades de los individuos. No solo porque el usuario es el destinatario de la solución, sino porque será el utilizador de las funcionalidades suministradas por el objeto. Por ello, es indispensable recordar que al especificar un diseño se especifica al tiempo la actividad y la interacción con este. Esta especificación debe producirse a la luz de las situaciones en las cuales la solución se desempeñará, y considerando si la solución desarrollada contribuye a potenciar la experiencia y los conocimientos de los usuarios.

Es indispensable, finalmente, recordar que solamente si se cumplen estos requisitos será posible calificar una solución como ergonómica. Como se ha insistido en el texto, una solución ergonómica no es solamente la adaptación antropométrica —este es apenas un aspecto marginal del problema, por lo demás vinculado a una propiedad intrínseca de los objetos y los sistemas, ya que no es posible diseñar una solución sin incluir los aspectos dimensionales—. No es posible continuar pensando las soluciones ergonómicas en función de adaptaciones dimensionales; una solución ergonómica es la que integra las situaciones de desempeño, los contextos que se originan en estas situaciones y la experiencia y conocimientos del usuario, y contribuye además a su desarrollo.

Bibliografía

Amalberti, R. (1996), *La conduite de systèmes a risques*. Paris: PUF.

Applications des Plastiques Termophormers & Extrudes (APTE) (2000), *La Méthode APTE: analyse de la valeur: analyse fonctionnelle*. Edición de B. de la Bretesche. Paris: Pétrelle.

Bannon, L. & Bødker, S. (1991), *Beyond the Interface, Encountering Artifacts in Use*. En J. Carroll (ed.), *Designing Interaction: Psychological Theory of the Human-Computer Interface* (pp. 227-253). Cambridge: Cambridge University Press.

Bertalanfy, L. v. (2007), *Teoría general de los sistemas*. México, Fondo de Cultura Económica.

Bonpays-Le Guilcher, B., Bouzit, N., Filippi, G., Gaillard, I., Haradji, Y., Jourdan, M. et al. (1994), *Ergonomie des situations informatisées: la conception centrée sur le cours d'action*. Toulouse: Octares.

Castillo, J. (2002), *Análisis cognitivo de una actividad de servicios*. Reporte técnico, Bogotá: SCE. Sociedad Colombiana de Ergonomía.

Castillo, J. (2006), *Elementos cognitivos para el análisis ergonómico del trabajo*. Documento de trabajo, Universidad del Rosario, Bogotá.

Castillo, J. & Cubillos, A. (2000), *Introducción al análisis de la actividad en ergonomía*. Documento de trabajo, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales.

Chailloux, E. & Cousineau, G. (1994), *Ingénierie logicielle pour le développement de programmes temps-réel sûrs*. Rapport de contrat MESR 92S0766. Université Pierre et Marie Curie. París.

Chapanis, A. (1965), "Words, Words, Words". En *Human Factors*, 7: 1-17.

Chapanis, A. R., Garner, W. R., & Morgan, C. T. (1949), *Applied Experimental Psychology*. New York: John Wiley & Sons.

Conein, B. & Jacopin, E. (1994), "Action située et cognition. Le savoir en place". En *Sociologie du Travail*, 4 (94): 475-500.

Daniellou, F. (1992), *Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception*. Thèse d'habilitation à diriger des recherches. Université de Toulouse, Toulouse.

Daniellou F. & Garrigou, A. (1993), "La mise en œuvre des représentations des situations passées et des situations futures dans la participation des opérateurs à la conception". En A. Weill-Fassina et al. (eds.), *Représentations pour l'action* (pp. 295-309). Toulouse: Octares.

De la Garza, C. & Weill-Fassina, A. (2000), "Régulations horizontales et verticales du risque". En H. Bechenkrout & A. Weill-Fassina, (coords.*)*, *Le travail collectif, perspectives actuelles en Ergonomie* (pp. 217-233). Toulouse: Octares.

Disessa, A. A. (1991), Local Sciences: Viewing the Design of Human Computer Systems as Cognitive Science. Designing interaction: Psychology ar the human-computer interface (pp. 162-202). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Duchamp, M. (1999), *Duchamp du signe*. Paris: Flammarion.

Faverge, J. M. (1966), "L'analyse du travail en termes de régulation". In: J.M. Faverge et co., L'ergonomie des processus industriels (pp. 33-60). Bruxelles: Editions de l'Institute de Sociologie.

Goguelin, P. (1996), *La prévention des risques professionnelles*. Paris: PUF.

Habermas, J. (1989), *The Theory of Communicative Action*, vol. 2, *Lifeworld and System: A Critique of Functionalist Reason*. Boston: Beacon.

Henderson, H. (1991), *Paradigms in Progress: Life Beyond Economics*. Knowledge Systems: Indianapolis, IN.

Hoc, J. M. (1996), *Supervision et contrôle de processus. La cognition en situation dynamique*. Grenoble: PUG.

Hubault, F. (1996), "De quoi l'ergonomie peut-elle faire l'analyse?" En F. Daniellou (ed.), *L'ergonomie en quête de ses principes, débats épistémologiques* (pp. 103-140). Toulouse: Octares.

Hutchins, E. (1994), *Where is the Intelligence in a System of Socially Distributed Cognition?* COGSCI Technical Report, University of California at San Diego, San Diego.

Lakatos, I. (1981), *Matemáticas, ciencia y epistemología*. Madrid: Alianza.

Lave, J. (1988), *Cognition in Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.

Le Moigne, J. L. (1995), *Les épistémologies constructivistes*. Paris: PUF.

Leontiev, A. (1975), *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Progrès.

Nii, H. P. (1986), "Blackboard Systems". En *AI Magazine*, 7: 38-53, 82-106.

Leplat, J. & Hoc, J. M. (1983), "Tâches et activités dans l'analyse psychologique des situations". En *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3 (1): 49-64.

Lewis, J. R. (1991), "Psychometric Evaluation of an after-Scenario Questionnaire for Computer Usability Studies". En *ASQ/SIGCHI Bulletin*, 23 (1), 78-81.

Midler, C. (1996), "El auto que no existía. Gestión de proyectos y transformación de la empresa". *Trabajo y Sociedad*. Buenos Aires: FADU, 2004.

Montmollin, M. De (1984). l'intelligence de la tâche (Eléments d'ergonomie cognitive). Berna: Peter Lang.

Montoya, A. & Castillo, J. (2002), *Diseño de un sistema de separación de esporas*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales - Cenicafé.

Norman, D. A. (1991), *Cognitive artifacts. In Designing Interaction: Psychology at the Human-Computer Interface*. Cambridge: Cambridge University Press.

Norman, D. A. (1993), *Things that Take Us Smart*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Palloix, Ch. 1978. Travail et production, París, Maspero - Petite Collection, n. 208.

Payne, S. J. (1991), "A Descriptive Study of Mental Models". En *Behaviour and Information Technology*, 10 (1): 3-21.

Piaget, J. (1975), *L'équilibration des structures cognitives: problème central du développement*. Paris: PUF.

Pinsky, L. & Theureau, J. (1987), *L'étude du Cours d'action. Analyse du travail et conception ergonomique*. Paris: CNAM.

Richard, J. F., Bonnet, C. & Ghiglione R. (1990), *Le traitement de l'information symbolique. Traité de psychologie cognitive 2*. DUNOD, París.

Schon, D. A. (1983), *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books.

Schumpeter, J. A. (1934), *The Theory of Economic Development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Simon, H. A. (1969), *The Science of the Artificial*. Englewoods Cliffs: Prentice Hall.

Simon, H. A. (1979), *Models of Tought*. New Haven - London: Yale University Press.

Simon, H. A. (1995), "The Scientist as Problem Solver". En D. Klahr & K. Kotovsky (eds.), *Complex Information Processing: The Impact of Simon H*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erl Baum.

Sperandio, J. C. (1972), "Charge de travail et régulation des processus opératoires". En *Le Travail Humain*, 35 (1).

Sperandio, J. C. (ed.) (1993), *L'ergonomie dans la conception des projets informatiques*. Toulouse: Octares.

Stefik, M. J. (1981), "Planning with Constraints (MOLGEN: Part 1)". En *Artificial Intelligence*, 16 (2), 111-140.

Suchman, L. A. (1987), *Plans and Situated Action - The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge: Cambridge University Press.

Taylor, W. F. (1911), *Scientific Management, Comprising Shop Management. The Principles of Scientific Management*. New York. Harper & Row.

Terssac, G. de & Friedberg, E. (eds.) (1996), *Coopération et conception*. Toulouse: Octares.

Theureau, J. (2004), *El ciclo de la acción*. Compiègne: CNRS/UT, Université de Compiègne.

Theureau, J. (2002a), Cours d'expérience, cours d'action, cours d'interaction: essai de précision des objets théoriques d'étude de l'activité individuelle- sociale, 4° Journées. Objets théoriques, objets de conception, objets d'analyse et situation d'étude privilegiées, Novan-Lealier.

Theureau, J. (2002b), *L'hypothèse de la cognition Située et analyse du travail en ergonomie de langue française*. Conferencia dictada en el XXXVII Congreso SELF, Aix-en-Provence.

Vicente, K. J. (1999), *Cognitive Work Análisis*. Mahwah, New Yersey: Lawrence Erlbaum.

Visser, W. (1987), "Strategies in Programming Programmable Controllers: A Field Study on a Professional Programmer". En G. M. Olson, S. Sheppard & E. Soloway, *Empirical Studies of Programmers: Second Workshop* (pp. 217-230). Norwood, NJ. Ablex.

Vitruvio, M. L. (1997), *Los diez libros de arquitectura*. Barcelona: Iberia.

Este libro fue compuesto en carácteres
Adobe Caslon 11 puntos, impreso sobre
papel propal de 70 gramos y encuadernado
con método Hot Melt, en el mes de marzo de 2010,
en Bogotá, D.C., Colombia