



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL
POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL
FACULTAD DE ARQUITECTURA

IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO ANÁLISIS Y DISEÑO MACROERGONÓMICO (MEAD) PARA EL REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRABAJO EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE VIDRIO ARQUITECTÓNICO

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN DISEÑO INDUSTRIAL

PRESENTA:

EDRAI ELBURIT MARINES CASTILLO

TUTOR PRINCIPAL:

MDI. ALEJANDRO RODEA CHÁVEZ
POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

M. EN C. IRENE MÚJICA MORALES
POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL, UNAM

MDI. ANTONIO SOLÓRZANO CISNEROS
POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL, UNAM

DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

MDI. ARELI MACIEL REGALADO
FACULTAD MEXICANA DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y
COMUNICACIÓN, UNIVERSIDAD LA SALLE

CIUDAD UNIVERSITARIA,
CD. MX., OCTUBRE, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mis tutores, Maestro Alejandro Rodea, Maestra Irene Mújica, Maestro Antonio Solórzano, por su dedicación y guía durante el desarrollo del proyecto de investigación. Su experiencia y consejos han sido fundamentales para consolidar y dar claridad al contenido de esta tesis.

Al CONACYT institución que impulsa la investigación científica, el desarrollo tecnológico e innovación en el país, por permitirme ser beneficiario de su programa de becas nacionales, el aporte económico recibido, me dio la oportunidad de cursar de tiempo completo mis estudios de posgrado y desarrollar este trabajo de tesis.

A la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México y al cuerpo docente del Programa de Posgrado en Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura, por brindarme las herramientas y conocimientos para continuar con mi crecimiento académico y personal. Es un honor haber sido alumno de esta gran institución.

Al Ingeniero Juan Herrera por permitirme llevar a cabo mi proyecto de investigación en la empresa de vidrio y a todas las personas que en ella trabajan, por su disposición, colaboración y aportes, para llevar las ideas a la práctica. Su trabajo ha sido fundamental para el éxito de este proyecto.

A mi familia, por estar siempre, por su apoyo y cobijo.

A la Ingeniera Andrea Zavaleta, compañera y colaboradora, por su ayuda y aportaciones para el desarrollo de esta tesis. Por su apoyo en todo momento, con profundo cariño, admiración y respeto, le expreso mi gratitud.

Contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1. Planteamiento del problema.....	7
1.1 El trabajo y el sistema de trabajo.....	7
1.2 Relevancia del diseño y la administración de los sistemas de trabajo.....	9
1.3 Problema de investigación.....	13
1.4 Objetivos de la investigación.....	15
1.5 Estructura de la investigación.....	15
Capítulo 2. Marco de referencias.....	16
2.1 Ergonomía o Factores Humanos (E/FH).....	17
2.1.1 Principios y Directrices de ergonomía para el diseño y gestión de sistemas de trabajo.....	19
2.2 Sistemas Socio-Técnicos.....	21
2.2.1 Principios de los Sistemas Socio-Técnicos.....	22
2.2.2 Niveles de los Sistemas Socio-Técnicos.....	24
2.2.3 Método para analizar Sistemas Socio-Técnicos.....	27
2.3 Macroergonomía.....	30
2.3.1 Objetivo de la Macroergonomía.....	32
2.3.2 Proceso de intervención macroergonómica.....	33
2.3.3 Método de intervención de los sistemas de trabajo basado en el Análisis y Diseño Macroergonómico (MEAD).....	34
2.4 Diseño estratégico.....	43
2.4.1 El proceso de diseño estratégico.....	45
2.4.2 Los roles dentro del proceso del diseño de estrategias organizacionales.....	49
2.5 Selección del método para el análisis y diseño del sistema de trabajo.....	51
Capítulo 3. Metodología de investigación.....	56
3.1 Ambiente y diseño de subsistemas organizacionales.....	57
3.2 Análisis de subsistemas técnicos.....	58
3.3 Análisis de subsistemas del personal.....	62
3.4 Asignación de funciones y diseño conjunto.....	64
3.5 Evaluación de percepción de roles y responsabilidades.....	65
3.6 Diseño y rediseño de subsistemas e interfaces.....	66
3.7 Implementar, iterar y mejorar.....	67
Capítulo 4. Implementación del método Análisis y Diseño Macroergonómico (MEAD). El caso empresa procesadora de vidrio.....	68
4.1 Ambiente y diseño de subsistemas organizacionales.....	68
4.2 Análisis de subsistemas técnicos.....	75

4.2.1 Evaluación de la actividad para liberación de cabeceras con el método NIOSH.....	83
4.3 Análisis de subsistemas del personal.....	97
4.4 Asignación de funciones y diseño conjunto.....	102
4.5 Evaluación de percepción de roles y responsabilidades.....	108
4.6 Diseño y rediseño de subsistemas e interfaces.....	109
4.7 Implementar, iterar y mejorar.....	110
4.8 Resultados de la implementación del modelo para la gestión de cabeceras.....	117
Discusión.....	123
Conclusión.....	126
Referencias.....	127

Introducción

La dinámica global actual exige que las empresas se adapten para mantener sus operaciones. Estas adaptaciones se centran en gran medida en aumentar la producción a través de métodos orientados a la tecnología sin tener en cuenta el factor humano (Kleiner, 2006). Esto es elemental dado que la producción de bienes y servicios rentables es el objetivo principal de una organización; de lo contrario, el cierre es un resultado probable. “No obstante, no se justifica el creciente olvido de la razón humana como factor fundamental del desarrollo organizacional” (García, 2013).

A pesar de la capacidad probada que tiene la tecnología para transformar y facilitar actividades repetitivas y de precisión, la respuesta que considera únicamente aspectos técnicos y tecnológicos provoca una brecha que debe ser atendida por medio de acciones correctivas para normalizar las situaciones dispares de trabajo que esto origina, dichas acciones corresponden a la parte administrativa de las organizaciones, cuando esta es deficiente se produce una carencia de acciones formales y planeadas dando lugar a la adaptación de mecanismos o improvisación de controles para responder a las nuevas demandas, que al prolongarse en el tiempo, transfieren la sobrecarga de trabajo, la inseguridad en las operaciones y la presión o estrés que esta situación genera hacia las personas que realizan las actividades, en consecuencia el aumento de la producción buscada y alcanzada en algún momento queda limitada o sufre retrocesos como resultado del desequilibrio entre las capacidades técnicas y humanas.

En México los centros de trabajo caracterizados por una administración deficiente son los clasificados como Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES), De acuerdo con el Censo Económico de 2019 en México, de los 6.3 millones de establecimientos 94.9% son de tamaño micro y 4.9% son pequeños y medianos (PYMES), algunas de las carencias en el aspecto administrativo de las MIPYMES identificadas durante la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas por parte del INEGI en el 2018, son que solo el 15% capacitan a sus empleados, únicamente el 14% realizan acciones e implementan un proceso de mejora continua para solucionar los problemas de producción, el 65% no monitorean indicadores de desempeño, únicamente un 3% cuentan con un sistema contable que les permita registrar sus operaciones y obtener información financiera para la toma de decisiones. Gran cantidad de estos centros de trabajo se establecen sujetos a condiciones de

poca planeación y alta improvisación o adaptación de métodos, tecnología o herramientas sin considerar aspectos regulatorios para el trabajo; además de que el factor humano no juega un papel relevante dentro del diseño de estos puestos de trabajo. Bajo estas condiciones labora una parte importante de la población mexicana, ya que los mismos datos del INEGI reportan que el 68.4% del personal ocupado total labora en las micro, pequeñas y medianas empresas.

En este contexto se observa que la necesidad de métodos, herramientas y estrategias que las organizaciones puedan incorporar o aplicar como parte de las acciones administrativas para responder a los cambios impuestos por factores externos e internos y lograr sus objetivos, ofreciendo a sus colaboradores un ambiente de trabajo de calidad y seguro, sigue estando presente. La sociedad, al igual que las organizaciones, han evolucionado. De acuerdo con Trist (1981), a medida que se desarrolla el proceso histórico de una sociedad, los valores y expectativas de las personas con respecto a sus roles de trabajo cambian, alterando los parámetros del diseño organizacional. Como resultado de los cambios que generan los fenómenos tecnológicos, sociales, económicos y más recientemente de salud pública, existe un deseo creciente por parte de las organizaciones de lograr un equilibrio entre los factores humanos y técnicos, lo que da lugar a nuevas perspectivas o ideas.

Por su parte, los organismos internacionales como la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) promueven la consideración del factor humano como un aspecto fundamental a tomar en cuenta durante los procesos de diseño y gestión del trabajo, así como el análisis de las organizaciones bajo un enfoque de sistema de trabajo en el cual se puede observar de manera amplia la interacción de los subsistemas técnicos y sociales. Para ello plantean una serie de principios y directrices con el fin de guiar a los responsables del diseño y gestión de sistemas de trabajo en estos procesos y así obtener mejoras globales en las distintas organizaciones. Se entiende que este esfuerzo conjunto, titulado “Principios y Directrices de Ergonomía para el Diseño y Gestión de Sistemas de Trabajo (2020)”, es una propuesta alternativa, complementaria y no excluyente de los enfoques orientados a mejorar los aspectos técnicos y tecnológicos.

La propuesta de los organismos internacionales mencionados, sirve para guiar los procesos de diseño y gestión de sistemas de trabajo. Sin embargo, la tesis actual considera necesario describir

las corrientes y métodos que dieron origen a dichos principios para clarificar y operacionalizar los procesos de diseño y gestión de sistemas de trabajo, con ello, acercar esta perspectiva a un mayor número de organizaciones, así como a los profesionales encargados de la administración en las empresas y promover la adopción e implementación del enfoque basado en el equilibrio de las capacidades técnicas y humanas del sistema de trabajo que les permita conseguir sus objetivos sin descuidar el factor humano, el cual en esta instancia también se considera como eje fundamental del desarrollo organizacional.

Bajo este planteamiento, la pregunta de investigación que esta tesis busca responder es: ¿Cómo diseñar y gestionar sistemas de trabajo que procuren el equilibrio de los factores técnicos y humanos para mejorar el rendimiento global de las organizaciones?

En el mismo sentido, la hipótesis que se establece a partir de la pregunta de investigación es: Diseñar un sistema de trabajo que procura el equilibrio de los Factores técnicos y humanos, mejorará el rendimiento global de una organización.

Al atender estos cuestionamientos se espera, además, mostrar el potencial de cambio y el valor agregado que se puede obtener al mejorar la interacción humano-máquina, humano-información y cualquier instrumento utilizado como intermediario de comunicación entre las personas y la organización, logrando con ello promover este tipo de prácticas que equilibren los aspectos humanos y técnicos de las organizaciones definidas como Sistemas de Trabajo, es decir, unidades naturales de análisis para pensar los sistemas organizacionales.

Con el fin de solventar la pregunta de investigación y la hipótesis, la estrategia de investigación consta de tres grandes fases, en primer lugar, la fase analítica en la cual se describen las características que componen la problemática y han permitido plantear la pregunta de investigación, la segunda fase de síntesis y desarrollo, se centra en estudiar las corrientes que dieron origen a los principios y directrices para el diseño y gestión de sistemas de trabajo, se pone énfasis en los métodos con los que cuenta cada una de las corrientes para atender la cuestión sobre como diseñar dichos sistemas de trabajo, con ello se pueden observar las características y alcance que ofrecen los distintos métodos, lo que facilita realizar una selección entre ellos, dependiendo de los objetivos que se busquen alcanzar en cada caso particular. Finalmente, la fase de diseño e implementación donde a partir de un estudio de caso se define la

metodología de investigación para implementar uno de los métodos y rediseñar el sistema de trabajo de una empresa, los resultados obtenidos servirán para desarrollar la discusión y conclusiones.

A partir de la estrategia de investigación se ha considerado estructurar este trabajo en seis apartados.

El primer capítulo aborda la problemática definiendo los términos “*trabajo*” y “*sistema de trabajo*”, seguido de una discusión sobre las organizaciones internacionales de ergonomía y del trabajo que enfatizan la importancia del diseño y gestión de los sistemas de trabajo con el fin de mejorar conjuntamente las condiciones sociales y técnicas de las organizaciones, posteriormente se considera el contexto mexicano y las organizaciones críticas que pueden incorporar este enfoque en sus prácticas administrativas como parte de las acciones de mejora continua. El capítulo finaliza con el planteamiento del problema: *Probar si el diseño de un sistema de trabajo que procura el equilibrio de los factores técnicos y humanos, mejora el rendimiento general de una organización, por medio de un estudio de caso.*

El marco de referencia se desarrolla en el segundo capítulo utilizando el trabajo conjunto de la *Asociación Internacional de Ergonomía (AIE)* y la *Organización Internacional del Trabajo (OIT)*, que describe un conjunto de principios ergonómicos y directrices para el diseño y la gestión de los sistemas de trabajo. Estos organismos creen que el sistema de trabajo debe servir como base para cualquier visión del futuro del trabajo. Posteriormente, se identifican y describen las metodologías y procedimientos de cuatro corrientes de pensamiento que consideran al factor humano como eje fundamental del desarrollo organizacional. Estas corrientes son: 1) *La Ergonomía o Factores Humanos (E/FH)*, 2) *La Teoría de Sistemas Socio-Técnicos*, 3) *La Macroergonomía*, y 4) *El Diseño Estratégico*, las cuales serán tomadas en consideración para elegir la metodología más adecuada para aplicar al estudio de caso.

La metodología de investigación, que corresponde al método de Análisis y Diseño Macroergonómico (MEAD), se describe en el tercer capítulo. Este método fue escogido como el más apropiado para implementar en la empresa procesadora de vidrio entre las cuatro corrientes examinadas en el segundo capítulo, porque integra los principios de Ergonomía y la Teoría de los Sistemas Socio-Técnicos en una serie de pasos específicos que tienen como objetivo conseguir la

optimización conjunta. Es decir, busca el equilibrio entre los aspectos sociales y técnicos del sistema de trabajo. Además, es un método completo y bien definido que contiene herramientas específicas para llevar a cabo cada uno de los diez pasos, que son los siguientes: 1) Escaneo del subsistema organizacional y ambiental; 2) Definición del tipo de sistema de producción y fijación de objetivos de rendimiento; 3) Definición de unidades operativas y procesos de trabajo; 4) Identificación de variaciones; 5) Construcción de una matriz de variaciones; 6) Construcción de una tabla de control de variaciones clave y una red de roles; 7) Desarrollo de la asignación de funciones y diseño conjunto; 8) comprensión de roles y percepción de las responsabilidades; 9) diseño o rediseño de los subsistemas e interfaces; 10) Implementación, iteración y mejoramiento.

El caso de estudio se desarrolla en el cuarto capítulo. En este apartado se llevan a cabo detalladamente cada uno de los diez pasos de los que se compone el método Análisis y Diseño Macroergonómico en una empresa procesadora de vidrio. En la etapa de análisis de subsistemas técnicos se identifica el criterio de rendimiento como un criterio relevante para distintos niveles de la organización, esto permitió centrar el estudio de las variaciones en el proceso de administración para el aprovechamiento del material. Como resultado de la ejecución de las operaciones se producen restos de material en forma de paneles de vidrio de varios tamaños conocidos en la empresa como “cabeceras”. Dichos remanentes son ubicados en un almacén que idealmente debería ser temporal y mantenerse al mínimo posible, sin embargo, la ausencia de canales formales de comunicación e instrumentos de control llevó a la expansión descontrolada del almacén donde las cabeceras eran colocadas, dificultando el control del material, la programación del material para corte dentro de los planes de producción, así como las maniobras que se realizaban para ubicar y tomar el material, este punto se analizó en profundidad utilizando la ecuación NIOSH para determinar la posibilidad de lesiones lumbares en el personal que realiza esta actividad. La obstrucción del pasillo por donde transita el personal de tres áreas, automotriz, corte y templado, así como el uso de carros destinados al transporte de material como estanterías de cabecera, fueron algunos de los problemas logísticos que trajo consigo la expansión del almacén de cabeceras. Estos problemas dieron lugar a conflictos entre los miembros del personal en las áreas antes mencionadas. El área de corte, que se pensaba era la fuente de los problemas, reporta haber recibido hasta tres reclamos diarios. Al concluir la implementación de la metodología se obtuvo un modelo para la gestión de cabeceras que se integró al sistema de trabajo, consiguiendo mejorar el rendimiento general de la organización a

partir de un diseño conjunto y la colaboración de los implicados en este proceso. Los efectos inmediatos incluyen un mejor control y aprovechamiento del material, un ambiente de trabajo más cordial dado que han disminuido los reclamos y los conflictos entre el personal, una reducción en el número de maniobras requeridas para el suministro de material y una disminución del riesgo de lesiones lumbares entre los empleados debido al cambio de los estantes necesarios para localizar y almacenar el material.

En el apartado de discusión, se sugiere no limitar el diseño y gestión de los sistemas al uso de un método, sino que dependerá de los diversos entornos y niveles organizacionales que se pretendan intervenir. La sugerencia es utilizar enfoques que consideren los factores humanos y mejoren las circunstancias de trabajo de las personas a medida que interactúan con varios subsistemas como parte de la unidad organizativa. Otra cuestión relevante tratada en este apartado es el análisis de levantamiento de carga realizado con la ecuación NIOSH el cual provee información importante que puede servir para desarrollar ayudas técnicas en futuras investigaciones.

Finalmente, se elaboran las conclusiones en donde se describe en que medida se han cumplido con los planteamientos iniciales, respondiendo tanto la pregunta de investigación como la hipótesis planteada y los correspondientes objetivos.

El público objetivo de esta publicación son todos los especialistas involucrados en el análisis, diseño y gestión de sistemas de trabajo, como diseñadores, ingenieros, ergonomistas, entre otros, que buscan la manera de conciliar los factores humanos con los factores técnicos para afrontar los continuos cambios impuestos a las organizaciones por fenómenos internos y externos, al tiempo que procuran mejores condiciones de trabajo para el personal sin dejar de lado el cumplimiento de los objetivos organizacionales que les permitan seguir operando.

Capítulo 1. Planteamiento del problema

La búsqueda de competitividad, productividad y rendimiento en las organizaciones es una constante, la cual se agudiza cuando fenómenos externos o internos provocan cambios que impactan negativamente estas métricas de desempeño, detonando los llamados procesos de mejora para afrontar y atenuar los efectos de las nuevas situaciones, estos procesos pueden darse de manera estructurada y planeada en organizaciones con buena administración y también de forma empírica o improvisada en organizaciones que presentan deficiencia en su administración, en cualquiera de los casos es crucial llevar a cabo acciones que les permitan mantenerse y seguir operando, por ello la necesidad de métodos, herramientas y estrategias que guíen dichas acciones permanece. El presente trabajo considera relevante la forma en la cual se busca acceder a la productividad, rentabilidad y rendimiento, ya que puede marcar la diferencia, principalmente para las personas quienes resienten en mayor grado los efectos de las nuevas exigencias que distintos fenómenos imponen a las organizaciones, por ello en primer lugar se promueve la consideración de las organizaciones como “*sistemas de trabajo*” para su análisis y en segundo lugar se promueven los métodos para diseñar sistemas de trabajo que procuren el equilibrio de los factores humanos con los factores técnicos. Se piensa que esta manera de proceder puede lograr que las organizaciones obtengan un mejor rendimiento en general, al tiempo que mejoran las condiciones laborales para las personas, por tal motivo es necesario poner en práctica este tipo de métodos para observar como mejora los sistemas de trabajo. A continuación, se desarrolla la problemática definiendo en primer lugar los conceptos de “*trabajo*” y “*sistema de trabajo*”, seguido de la relevancia que los organismos internacionales le otorgan a dicho enfoque para el futuro del trabajo, así como las organizaciones críticas en México que pueden tomar esta orientación.

1.1 El trabajo y el sistema de trabajo.

De acuerdo con Neffa (2003), el trabajo es una actividad humana que tiene como finalidad producir bienes y servicios dotados de una utilidad social. El trabajo exige de quien lo ejecuta un gasto energético debido al esfuerzo, el despliegue de funciones biológicas (osteomusculares y viscerales), psíquicas (afectivas y relacionales) y cognitivas que provocan fatiga. El trabajo es

también una actividad social que necesita de la coordinación y cooperación con los demás, donde cada individuo pone de manifiesto habilidades como la iniciativa, la capacidad de autonomía, el grado de involucramiento, la responsabilidad y creatividad para alcanzar los objetivos del trabajo, además de la capacidad de las personas para adaptarse y afrontar los retos cotidianos que implica cada forma de actividad (p. 47-51).

Por su parte Garza (2009) describe que, en su aspecto más básico, el trabajo puede entenderse como la transformación de un objeto a partir de la actividad humana, utilizando determinados medios de producción para transformar un producto con valor de uso y bajo ciertas condiciones, con valor de cambio, que es la forma más común en que se concibe el trabajo. Además, la actividad de trabajar implica el desgaste de energía.

Con base en lo anterior, se puede decir que el trabajo debe ser entendido como una actividad ante todo humana, integrada por las dimensiones físicas, cognitivas y psíquicas, que persigue objetivos productivos o de transformación, con valor de cambio y requiere energía al ejercer esfuerzo físico y mental o intelectual.

Durante la realización de un trabajo se distinguen elementos relevantes para que el trabajo se pueda producir, como el ambiente en el que se lleva a cabo, los objetos que van a ser transformados, los medios de producción para realizar cierta transformación y las personas que van a ejecutar la actividad de trabajo.

A partir del reconocimiento de estos elementos que componen al trabajo en su calidad de actividad humana y social, es posible concebirlo como un sistema, ya que tiene elementos diferenciados que interactúan entre sí y en su conjunto persiguen un objetivo específico, además estos elementos están contenidos dentro de un ambiente que tiene impacto y en algunos casos puede modificar el mismo trabajo.

Las características anteriores son propias de todo sistema, puesto que de manera simple “los sistemas son un conjunto de elementos relacionados entre sí, y cuyo comportamiento global persigue algún tipo de objetivo, el cual puede verse condicionado por un entorno cambiante que puede influir o determinar las condiciones generales del sistema” (Arnold y Osorio, 1998).

La introducción del concepto de sistema de trabajo desde la perspectiva del diseño implica que el trabajo tiene una estrecha relación con los aspectos ergonómicos y la forma como estos

intervienen en los aspectos físicos, cognitivos y organizativos dentro del lugar de trabajo (Ovalle y Cárdenas, 2019, p. 77)

En este sentido, Groover (2007) y Cañas (2011), se refieren a los sistemas de trabajo como un conjunto de personas, información y equipos, diseñados para realizar un trabajo útil mediante un proceso que ocurre en un entorno de trabajo, y dicho entorno se encuentra influenciado por protocolos, normas y leyes definidas por organismos empresariales, sindicales y legislativos nacionales e internacionales, donde aspectos como la ingeniería del factor humano y el diseño del puesto de trabajo contribuyen en la búsqueda de mejores condiciones de seguridad, bienestar y satisfacción de las personas y el equipo que interactúan con ellas.

Cabe mencionar que dentro de un sistema de trabajo se entiende como factores humanos a los rasgos físicos, psicológicos y sociales que influyen en la forma en que las personas interactúan con los factores técnicos, es decir, las herramientas, los sistemas, los procedimientos, otras personas y los equipos de trabajo.

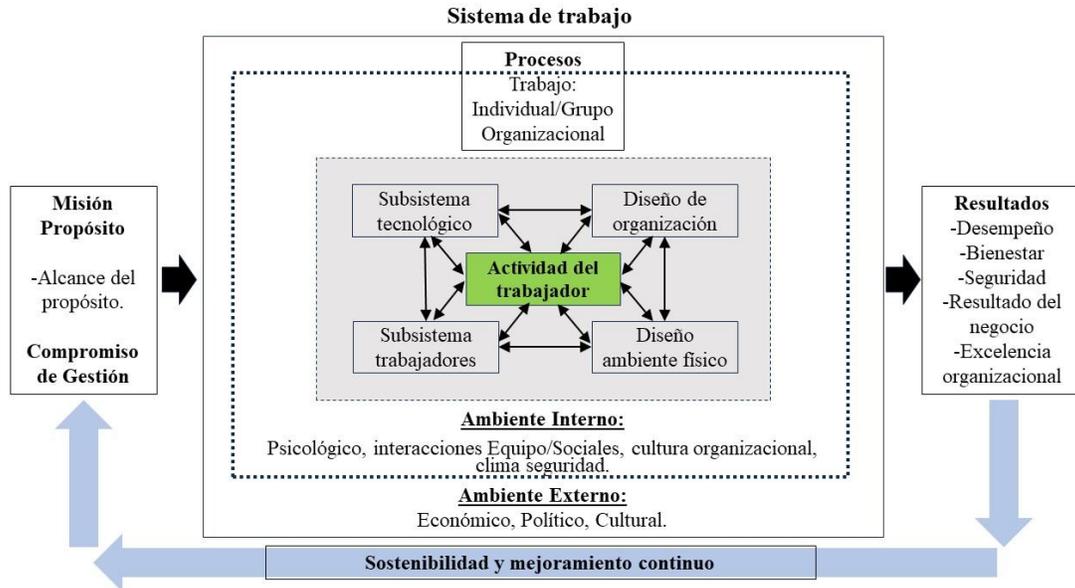
1.2 Relevancia del diseño y la administración de los sistemas de trabajo.

El enfoque de sistema de trabajo es una forma de entender y analizar la organización del trabajo para su posterior diseño y administración, dicho enfoque ha evolucionado gracias a las aportaciones de diversas ciencias donde la psicología y otras ciencias sociales han puesto en evidencia la relevancia del factor humano, de las relaciones humanas y también la necesidad de tomar en consideración la realidad socio-técnica del sistema de trabajo y el valor de una gestión de los recursos humanos. A partir de ello se han incorporado estrategias como el refinamiento de los métodos de tiempos y movimientos, un diseño ergonómico de los puestos, la flexibilidad para el trabajador en términos de polivalencia y capacitación y por último permitir una mayor participación del trabajador en la toma de decisiones sobre la planificación y el control de sus actividades, todo lo anterior con el fin de profundizar en el análisis de los distintos elementos del sistema de trabajo, buscando conseguir mejoras en el desempeño global del mismo (Peiro, 2004, p. 181).

Aunque la operación de un sistema de trabajo tiene una delimitación clara dentro de una organización, esta operación no está exenta de las perturbaciones de un entorno externo, como pueden ser las transformaciones sociales, económicas y tecnológicas que generan cambios en el

contexto del sistema y que terminan influenciando a la organización y en consecuencia influyendo en el sistema de trabajo (ver Figura 1).

Figura 1. Modelo conceptual del sistema de trabajo.



Nota. Tomado del documento conjunto *Principios y Directrices de Ergonomía/Factores Humanos para el Diseño y Gestión de Sistemas de Trabajo* (p.60), por Murphy, Robertson y Carayon. (2014).

En los últimos años, la pandemia derivada del *Covid -19* generó una de las transformaciones más grandes en los entornos sociales, perturbando también a los diferentes sistemas de trabajo, para los que se adoptaron diversas medidas, como el *home office* o trabajo desde casa con el fin de contrarrestar los efectos derivados de la interrupción en sus operaciones. De acuerdo con Peiro (2004) los cambios procedentes del entorno, en muchos casos, plantean mayores exigencias a las empresas en su productividad, calidad, reducción de costos, innovación, distribución, comercialización y otros aspectos relevantes de sus operaciones. Tales exigencias requieren de la pronta actuación de las organizaciones en diversos ámbitos y particularmente, en las formas de organizar el trabajo.

El diseño y administración de un sistema de trabajo es un proceso de mejora continua hacia las nuevas exigencias internas y del entorno, cuando el sistema no es retroalimentado y operan sin supervisión, tales solicitudes suelen ser atendidas directamente por las personas que realizan las actividades en el sistema, adaptando mecanismos o controles improvisados para responder a las nuevas demandas y que, de ser mantenidas a largo plazo, repercutirán en un aumento en la

intensidad del trabajo, la inseguridad de las operaciones y la presión o estrés psicosocial que se puede generar ante esta situación (Boxall y Macky, 2014).

Peiro (2004) advierte sobre la existencia de evidencia suficiente para señalar que muchos de los cambios que persiguen la innovación tecnológica y el rediseño del sistema de trabajo tienen implicaciones y consecuencias para la salud y el bienestar de los trabajadores. Por una parte, mejoran determinadas condiciones de trabajo como las ambientales, el ruido de la maquinaria, la sobrecarga física, posturas inadecuadas derivadas del diseño de la estación de trabajo, los riesgos de accidente, el trabajo monótono, entre otros, pero, por otra parte, pueden terminar introduciendo nuevos riesgos de carácter psicosocial, como un alta exigencia o presión por el tiempo de ejecución del trabajo, el poco entrenamiento o capacitación ante las nuevas actualizaciones al sistema, la falta de claridad con respecto a las funciones del trabajador así como la poca motivación o comunicación dentro de los sistemas; son condiciones que pueden tener una repercusión negativa en la salud y bienestar de los trabajadores.

En este sentido, la *Organización Mundial de la Salud (OMS)* conjuntamente con la *Organización Panamericana de la Salud (OPS)* establecieron un “*Plan de Acción Sobre la Salud de los Trabajadores para el periodo 2015-2025*”, donde se impulsa la ejecución de políticas y normatividad acorde a los diferentes tipos de trabajo que tienen como objetivo brindar atención integral en salud a los trabajadores, mejorar los ambientes de trabajo e incrementar los esfuerzos para promover la salud y el bienestar de los trabajadores.

En México, miembro de los organismos de salud antes mencionados, además de los nuevos tratados internacionales y el cambio global en el comercio, se ha dispuesto a través de la *Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)* desarrollar una serie de nuevas normas que buscan el bienestar de quienes se dedican a actividades productivas, alineando dichos estándares con los requisitos internacionales teniendo en cuenta el contexto nacional. Tal es el caso de las normas de reciente emisión como son la *NOM-036-I-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el Trabajo-Identificación, análisis, prevención y control*, que tiene como objetivo establecer los elementos para identificar, analizar, prevenir y controlar los factores de riesgo ergonómico en los centros de trabajo que pudieran derivarse del manejo manual de cargas durante la realización de un trabajo; y la *NOM-035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención*, donde se establecen los elementos para identificar

y prevenir los factores de riesgo psicosocial y violencia laboral a la que pudieran estar expuestos los trabajadores en sus centros de trabajo, así como para promover un entorno organizacional favorable a efecto de prevenir alteraciones en la salud de los trabajadores.

Las políticas y regulaciones mencionadas son claros ejemplos de cómo los factores externos o ajenos a la estructura organizacional pueden afectar la forma en que se organiza y ejecuta el sistema de trabajo. El diseño y gestión de un sistema de trabajo es, por tanto, un proceso de retroalimentación continua dentro del sistema, teniendo en cuenta que existirán requisitos o disposiciones ambientales externas que afectan al sistema y en consecuencia deben ser incorporadas al mismo, y, por otro lado, bajo la consideración de que cualquier modificación realizada en un elemento afectará al resto de elementos del sistema en mayor o menor grado.

El correcto diseño y administración de los sistemas de trabajo contribuye simultáneamente a la salud económica y la sostenibilidad de las organizaciones, pues procura el bienestar y la capacidad de los trabajadores, que a su vez puede manifestarse en la mejora del rendimiento del sistema y en la reducción de los costos directos e indirectos asociados con la pérdida de productividad, las deficiencias de calidad y la rotación de los recursos humanos.

En contraste, una administración deficiente de los sistemas de trabajo se traducirá en una pérdida de eficiencia y competitividad, que puede derivar en riesgos de salud para los trabajadores. Las principales razones de una deficiente administración de los sistemas de trabajo radican en el poco entendimiento del abordaje del sistema, por un lado, y, por otro lado, no contar con los analistas o personal capacitado para su administración. Para solventar este déficit es crucial continuar probando la perspectiva de sistemas de trabajo en casos de estudio reales y observar los beneficios, de igual forma se requiere seguir refinando los métodos para diseñar y gestionar los sistemas de trabajo que procuren el factor humano y su interacción con los factores técnicos.

Los centros de trabajo que se caracterizan por una deficiente administración en México son los clasificados como *Micro, Pequeñas y Medianas Empresas* (MIPYMES). De acuerdo con el *Censo Económico de 2019 en México*, de los 6.3 millones de establecimientos, 94.9% de los establecimientos son de tamaño micro, 4.9% son pequeños y Medianos (PYMES) y 0.2% son grandes, algunas de las carencias en el aspecto administrativo de las MIPYMES identificadas durante la *Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas* por parte del INEGI en el 2018, son que solo el 15% capacitan a sus

empleados, únicamente el 14% realizan acciones e implementan un proceso de mejora continua para solucionar los problemas de producción, el 65% no monitorean indicadores de desempeño, únicamente un 3% cuentan con un sistema contable que les permita registrar sus operaciones y obtener información financiera para la toma de decisiones. Gran cantidad de estos centros de trabajo se establecen bajo condiciones de baja planeación y alta improvisación o adaptación de métodos, tecnología o herramientas sin considerar aspectos regulatorios para el trabajo; además de que el factor humano no juega un papel relevante dentro del diseño de estos puestos de trabajo.

Estas características de los centros de trabajo plantean nuevos desafíos y oportunidades con respecto a la concepción, el diseño y la administración de los sistemas de trabajo, así como la incorporación de factores externos de tipo regulatorio, sociales, económicos, políticos y tecnológicos.

El mundo del trabajo siempre está inmerso en procesos de cambio, principalmente económicos, tecnológicos y sociales, a partir de los cuales se genera una amplia gama de situaciones laborales, como se abordó en párrafos anteriores, situaciones dispares que afectan la ejecución y el desarrollo del trabajo en las organizaciones y las sociedades.

1.3 Problema de investigación.

Los cambios laborales causados por fenómenos emergentes o no previstos, en todo el mundo, afectan principalmente a las personas, así como a lo relativo a la calidad y productividad de las propias organizaciones, por ello el correcto diseño y administración de los sistemas de trabajo cobra una gran relevancia para el trabajo al proporcionar herramientas de acción para el desarrollo de medidas técnicas y administrativas que permitan a las empresas alcanzar el cumplimiento de sus objetivos y mejores condiciones laborales para las personas al procurar el equilibrio de los factores humanos y técnicos. De tal forma que el problema que se pretende resolver en esta investigación es:

Probar si el diseño e implementación de un sistema de trabajo que procura el equilibrio de los factores técnicos y humanos, mejora el rendimiento global de una organización, por medio de un estudio de caso.

Bajo este planteamiento, la pregunta de investigación que esta tesis busca responder es: ¿Cómo diseñar y gestionar sistemas de trabajo que procuren el equilibrio de los factores técnicos y humanos para mejorar el rendimiento global de una organización?

En el mismo sentido, la hipótesis que se establece a partir de la pregunta de investigación es: Diseñar e implementar un sistema de trabajo que procura el equilibrio de las capacidades técnicas y humanas, mejorará el rendimiento general de una organización.

En contraste, la hipótesis nula resultará cuando no se obtengan mejoras en la organización y también cuando las mejoras si se obtienen sean locales y no globales, como se ha planteado.

1.4 Objetivos de la investigación.

Los objetivos establecidos para esta investigación son los siguientes:

1. Describir las corrientes que dieron origen a los Principios y Directrices de Ergonomía para el Diseño y Gestión de Sistemas de Trabajo.
2. Identificar los métodos que sirven para diseñar y gestionar sistemas de trabajo de las corrientes que dieron origen a los Principios y Directrices de Ergonomía para el Diseño y Gestión de Sistemas de Trabajo.
3. Probar uno de los métodos identificados en una organización para diseñar un sistema de trabajo.
4. Observar si se logran mejoras globales aplicando el enfoque de sistemas de trabajo.
5. Realizar la discusión y recomendaciones del caso de estudio.

1.5 Estructura de la investigación.

Para el desarrollo de la presente tesis se ha definido de la siguiente estructura de trabajo:

En el **Capítulo primero**, se realiza la introducción de la investigación, el planteamiento del problema y la formulación del problema de investigación de la tesis.

En el **Capítulo segundo**, se construye el marco de referencias estudiando las corrientes y sus métodos que han dado origen a los principios para el diseño y desarrollo de sistemas de trabajo.

En el **Capítulo tercero**, se describe la metodología de la investigación seleccionada con la que se abordará el caso de estudio.

En el **Capítulo cuarto**, se desarrolla el caso de estudio que probará la metodología propuesta, también se exponen los resultados y discusión del caso de estudio.

En el **Capítulo quinto**, se desarrollan los resultados generales de la investigación, las conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro de la investigación.

Capítulo 2. Marco de referencias.

La Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) consideran como un desafío crucial para el futuro del trabajo, definir y caracterizar conceptos y recomendaciones que puedan adaptarse universalmente y que permitan un enfoque consensuado, para asegurar que las personas siempre tengan prioridad en el diseño de su trabajo. Por tal motivo, han desarrollado un conjunto de *Principios y Directrices de Ergonomía para el Diseño y Gestión de Sistemas de Trabajo* (2020) con el fin de mejorar el diálogo social dentro de la empresa, mejorar la calidad de vida en el trabajo, facilitar prácticas más eficientes, así como la salud económica y sostenibilidad de las organizaciones.

El proyecto conjunto de las organizaciones internacionales mencionadas se ha tomado para construir el marco teórico del trabajo actual, ya que a partir de él se han podido identificar las corrientes que abordan las organizaciones como sistemas de trabajo y promueven el equilibrio de los factores humanos y técnicos con el fin de mejorar las condiciones de trabajo de los individuos así como el rendimiento general de las organizaciones. Estas corrientes son la *Ergonomía o Factores Humanos* y la *Macroergonomía*. Por otra parte, Alter (2013), compara la teoría del sistema de trabajo con otras perspectivas, siendo la teoría de los *Sistemas Socio-Técnicos* la corriente que contempla una perspectiva que aboga por el factor humano al buscar la optimización de lo social y lo técnico. Finalmente, a partir del estudio comparativo realizado por Liem (2015) en el cual se analizan las diferencias, similitudes y relaciones entre la ergonomía clásica, la ergonomía prospectiva, el diseño estratégico y la administración estratégica. Se identifica la corriente de diseño estratégico como un campo de estudio y práctica, donde diferentes actores se involucran en la planificación y generación de sistemas integrados de productos, servicios y comunicaciones que sean coherentes con la perspectiva de mediano-largo plazo de las innovaciones sustentables, siendo, al mismo tiempo, económicamente factibles y socialmente aplicables (Manzini y Vezolli, 2003).

De esta forma se han identificado cuatro corrientes que abordan el estudio de los sistemas de trabajo y promueven el equilibrio de los aspectos humanos y los técnicos. Estas son: 1) *Ergonomía o Factores Humanos (E/FH)*, 2) *La Teoría de los Sistemas Socio técnicos*, 3) *La Macroergonomía* y 4) *El Diseño Estratégico*. Dichas corrientes cuentan con sus propias

metodologías y procesos que han sido aplicados en diversos casos de estudio, es por ello que en este trabajo se hará una revisión de cada corriente para seleccionar el o los métodos que permitan abordar el problema planteado en esta investigación: *Probar si el diseño e implementación de un sistema de trabajo que procura el equilibrio de los factores técnicos y humanos, mejora el rendimiento global de una organización, por medio de un estudio de caso.*

A continuación se describen cada una de las corrientes y sus correspondientes métodos.

2.1 Ergonomía o Factores Humanos (E/FH).

La ergonomía/factores humanos (E/FH) ha construido un cuerpo de conocimiento y habilidades acerca de la interacción de los seres humanos y su entorno, desarrollando metodologías para un abordaje consistente y replicable, este conjunto de conocimientos se refleja en la definición de esta disciplina adoptada por la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA por sus siglas en inglés) en el año 2000:

“La ergonomía (o factores humanos) es la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica principios teóricos, datos y métodos al diseño para optimizar el bienestar y el rendimiento general. Los profesionales de la ergonomía, ergonomistas, contribuyen a la planificación, diseño, implementación, evaluación, rediseño y mejora continua de tareas, trabajos, productos, tecnologías, procesos, organizaciones, entornos y sistemas para hacerlos compatibles con las necesidades, capacidades y limitaciones de las personas”.

De estas descripciones se pueden derivar tres características fundamentales de E/FH:

- E/FH adopta un enfoque de sistemas.
- E/FH está impulsado por el diseño.
- E/FH se centra en dos resultados relacionados: rendimiento y bienestar.

La Ergonomía/Factores humanos (E/FH) tiene un potencial significativo para contribuir al diseño de todo tipo de sistemas centrados en el ser humano (sistemas de trabajo, sistemas de productos/servicios). E/FH tiene una combinación única de tres características fundamentales:

Utiliza un enfoque orientado a sistemas, está motivado por el diseño y se centra en dos resultados estrechamente relacionados: productividad y bienestar.

Con el fin de contribuir al futuro diseño del sistema (Dul, Bruder, Buckle, Carayon, Falzon, Marras, Wilson y Van der Doelen, 2012). E/FH tiene una fuerte propuesta de valor (principalmente de bienestar) y compromiso con grupos de partes interesadas de "actores del sistema" (empleados y usuarios de productos/servicios), tiene un gran potencial para garantizar que cualquier artefacto diseñado, desde un producto de consumo hasta un entorno organizacional, se moldee en torno a las capacidades y aspiraciones de los humanos, de modo que se optimice el rendimiento y el bienestar.

La E/FH considera diferentes aspectos de la persona (físico, fisiológico, psicológico, afectivo, cognitivo y social) y diferentes aspectos del entorno (físico, social, informativo, etc.). Puede abordar problemas en varios niveles del sistema, desde el nivel micro (humanos que usan herramientas o realizan tareas individuales) hasta el nivel meso (humanos como parte de procesos técnicos u organizaciones) y el nivel macro (humanos como parte de redes de organizaciones, regiones, países o el mundo) (Rasmussen 2000). Sin embargo, se observa por parte de Dul *et al.* (2012) un área de oportunidad en tanto que la Ergonomía/Factores humanos presenta dificultades para alcanzar los niveles macro donde se encuentran los expertos del sistema y los tomadores de decisiones, esto como consecuencia de una percepción del valor de la E/FH por parte de dichos actores, restringida únicamente al bienestar (trabajo físico pesado) y algunos otros argumentan que solo se enfoca en aspectos de manufactura (diseño de puestos de trabajo) o en bienes específicos (mobiliario, equipo o herramienta) (Helander 1999; Neumann y Dul, 2010). Otra razón puede ser el abordaje de abajo hacia arriba que actualmente la E/FH desempeña, donde primero se analizan los factores y luego se construye sistemáticamente la estructura y los procesos generales del sistema (Hendrick, 2005; Moray, 2005), la gran mayoría de herramientas desarrolladas en este campo normalmente se enfocan en niveles micro y meso.

Imanghaliyeva, Thompson, Salmon y Stanton (2020) han identificado algunas herramientas que pueden complementar el análisis de un sistema de trabajo desde un enfoque de *Sistemas Socio-Técnicos*, que es un abordaje de arriba hacia abajo, donde primero se analizan y diseñan las estructuras y los procesos del sistema de trabajo general y luego se trabaja en los subsistemas y factores, estas son: Cognitive Work Analysis (CWA) [Análisis Cognitivo del Trabajo],

Systems-Theoretic Accident Model and Processes STAMP [Modelo Teórico de Sistemas de Accidentes y Procesos], Event Analysis for Systemic Teamwork (EAST) [Análisis de eventos para el trabajo en equipo sistémico], Functional Resonance Analysis Method (FRAM) [Método de análisis de resonancia funcional] y Hierarchical Task Analysis (HTA) [Análisis de tareas jerárquicas]. Del mismo modo, la E/FH debe incorporar la teoría y herramientas de otras corrientes para extender su alcance a los niveles macro de las organizaciones, como es el caso del enfoque de sistema de trabajo, a partir del cual se han desarrollado una serie de principios y directrices que a continuación se detallan.

2.1.1 Principios y Directrices de ergonomía para el diseño y gestión de sistemas de trabajo.

La E/FH se encuentra trabajando actualmente para formular un método o herramienta con un enfoque de arriba hacia abajo que sea relevante. Dado que el diseño y la administración de un sistema de trabajo tienen mayor probabilidad de éxito si los actores expertos y tomadores de decisiones soportan y apoyan el desarrollo del sistema (Dul *et al.*, 2012). La OIT y la AIE (2020), bajo la corriente de la Ergonomía o Factores Humanos, proponen tres fases consecutivas para el diseño y gestión de un sistema de trabajo, estas son: 1) la concepción y diseño del sistema de trabajo; 2) la gestión operativa regular del sistema y 3) la sostenibilidad del sistema en el tiempo, las cuales se establecen de acuerdo con los siguientes principios y directrices:

Principio 1: Asegurar que la salud, la seguridad y el bienestar de los trabajadores sean lo primero en la optimización de los sistemas de trabajo;

Principio 2: Crear y supervisar sistemas de trabajo que garanticen el alineamiento de los trabajadores y la organización, la evaluación y el aprendizaje continuos y la sostenibilidad;

Principio 3: Desde un punto de vista integral, crear un entorno de trabajo seguro, saludable y sostenible, al mismo tiempo que comprende y aborda las necesidades humanas;

Principio 4: Tener en cuenta las diferencias individuales y las contingencias organizacionales en el diseño de los sistemas de trabajo; y

Principio 5: Para asegurar la operación y gestión eficiente de los sistemas de trabajo, utilizar el conocimiento colectivo y transdisciplinario, así como la plena participación de los trabajadores, en el diseño de dichos sistemas, la detección de problemas y el desarrollo de soluciones ergonómicas.

Las directrices son estrategias para integrar la E/FH en el diseño y la gestión de los sistemas de trabajo, se muestran a continuación:

Directriz 1: Adoptar un enfoque basado en sistemas.

Directriz 2: Tener en cuenta todas las características relevantes de los empleados.

Directriz 2a. Tener en cuenta las características demográficas, las capacidades y limitaciones físicas y cognitivas.

Directriz 2b. Proporcionar a los empleados las herramientas, la formación y el control adecuados para realizar el trabajo.

Directriz 2c. Diseñar sistemas de trabajo para que sean seguros e involucren a las personas de manera que maximicen la seguridad y sostenibilidad de los trabajadores y del sistema de trabajo.

Directriz 3: Aplicar metodologías participativas de ergonomía.

Directriz 4: Incorporar medidas proactivas para garantizar la seguridad, salud, bienestar y la sostenibilidad de los trabajadores.

Directriz 5: Basándose en la ergonomía, adaptar el diseño y la gestión de los sistemas de trabajo a las características de la organización.

Directriz 6: Mantener una cultura de aprendizaje continuo para facilitar la evaluación del sistema, asegurando que el trabajador o trabajadores estén capacitados, y cambiar el sistema según corresponda.

Este modelo aporta consideraciones cruciales para el diseño y la gestión de los sistemas de trabajo, sin embargo, el enfoque aún debe definir su aproximación de arriba hacia abajo para alcanzar los niveles macro, así como definir un método que permita comprobar o evaluar en que medida se están aplicando correctamente las directrices y principios que plantea.

2.2 Sistemas Socio-Técnicos.

De acuerdo con Imanghaliyeva, *et al.* en su artículo titulado “*Una síntesis de los Principios Socio-técnicos para el Diseño de Sistemas*” publicado en 2020, Desde el establecimiento del Instituto Tavistock en Londres en 1946, la teoría de los *Sistemas Socio-Técnicos* (STS, por sus siglas en inglés) se ha desarrollado y probado con el objetivo de lograr su objetivo central de optimización conjunta, que se refiere al análisis exhaustivo de los aspectos sociales y técnicos en los sistemas de trabajo.

La noción de *optimización conjunta*, que se comparte con el campo de ergonomía, afirma que los aspectos sociales y técnicos de un sistema de trabajo producirán mejores resultados que si se optimizan por separado (Baxter y Sommerville, 2011; Trist y Bamforth, 1951; Trist, 1981).

Los pioneros del instituto Tavistock creían que sus investigaciones deberían ser más que solo intentos de aumentar el conocimiento, también deberían abarcar la mejora de situaciones de trabajo que eran insatisfactorias en términos humanos, por ello abordaron de manera activa sus proyectos desde un enfoque de investigación acción para describir de manera holística lo que sucede en entornos naturales y derivar de estas observaciones, principios de aplicación más amplios y procesables, de esta manera la teoría de STS surgió como un enfoque novedoso para guiar la reestructuración de los sistemas de trabajo y también para evaluar el estado de los sistemas preexistentes buscando optimizar conjuntamente los recursos humanos y técnicos (Ramage y Shipp, 2009; Trist, 1981; Mumford, 2006; Argyris, 1996)

Para pasar de la teoría a intervenciones prácticas, el enfoque socio-técnico logra identificar y analizar en conjunto elementos que tradicionalmente habían sido estudiados por separado, permitiendo que los resultados de este tipo de análisis sean más eficientes en términos de desempeño operacional, pero también en términos de desempeño de los recursos humanos a partir del establecimiento de los principios de diseño de STS, que de acuerdo con Mumford (2006) son una guía que los analistas pueden traducir y usar en sistemas reales. A continuación se describe una síntesis de dichos principios.

2.2.1 Principios de los Sistemas Socio-Técnicos.

La síntesis de los Principios de los Sistemas Socio-técnicos desarrollada por Imanghaliyeva *et al.* (2020) proporcionan criterios para diseñar estructuras organizativas, trabajo en grupo, procesos de trabajo, procesos de diseño, tecnología, tareas individuales y métodos. El alcance de los principios prevé que pueden ser utilizados por cualquier persona involucrada en el diseño organizacional y de sistemas, y deberían ayudar a ilustrar las diferencias entre el diseño de trabajo tradicional y el enfoque socio-técnico. A continuación, se listan los 20 principios ver Tabla 1:

Tabla 1. Conjunto de principios sintetizados de diseño de sistemas socio-técnicos

No.	Principio	Proposición
1	Multifuncionalismo	Los agentes humanos deben ser hábiles en más de una función
2	Congruencia	Los diseñadores de sistemas deben asegurarse de que los sistemas y subsistemas de apoyo sean congruentes con el diseño básico del sistema.
3	Especificación flexible	A los agentes humanos se les debe proporcionar el resultado a lograr, pero los medios para lograrlo deben especificarse mínimamente críticamente.
4	Optimización conjunta	Los diseñadores de sistemas deben considerar por igual el papel de los humanos y la tecnología en los sistemas.
5	Participación	Los diseñadores de sistemas deben hacer coincidir las estructuras de trabajo democráticas con los procesos de diseño democráticos.
6	Diseñar el diseño	Los diseñadores de sistemas deben reconocer que el proceso de diseño para STS es en sí mismo un STS y puede ser tratado como tal.
7	Experimentación	Los diseñadores de sistemas deben tratar las iteraciones de diseño como "experimentos" y actuar sobre los resultados de esos experimentos.
8	Flujo	Los diseñadores de sistemas deben reconocer que los sistemas son, por su naturaleza, dinámicos y nunca "completos", y esto requiere una reevaluación continua.

9	Responsabilidad	Los agentes humanos deben tener autonomía responsable para llevar a cabo las tareas
10	Valores	Los diseñadores de sistemas deben expresar las aspiraciones y necesidades de las personas dentro de sus criterios de diseño.
11	Fronteras	Los diseñadores de sistemas deben asegurarse de que los límites del sistema no interfieran con el intercambio de información y aprendizaje.
12	Restricciones	Los diseñadores de sistemas deben identificar los problemas sociales, técnicos y políticos que restringen o mejoran las opciones.
13	Multidisciplinariedad	Los diseñadores de sistemas deben aprovechar una amplia gama de conocimientos, habilidades y perspectivas.
14	Flujo de recursos	Los diseñadores de sistemas deben asegurarse de que la información se proporcione en el punto en que se requiere.
15	Unicidad	Los diseñadores de sistemas deben reconocer que cada sistema es diferente y estas diferencias no deben pasarse por alto.
16	Control de varianza	Los diseñadores de sistemas deben permitir que las variaciones se controlen desde el punto donde se originan
17	Fines funcionales	Los diseñadores del sistema deben asegurarse de que esté diseñado para respaldar la razón fundamental por la que existe; de modo que la razón fundamental necesita ser explicitada
18	Características del trabajo	Los diseñadores de sistemas deben diseñar roles humanos dentro de los sistemas que involucren un ciclo completo, coherente y significativo de actividades.
19	Simplicidad y escala	Los diseñadores de sistemas deben minimizar la complejidad y maximizar la facilidad de uso y comprensión.
20	Autorregulación	Los diseñadores de sistemas deben examinar las condiciones bajo las cuales los individuos o grupos se autorregulan y tratar de optimizar esas condiciones.

Nota. Recuperado de A Synthesis of Sociotechnical Principles for System Design Por Imanghaliyeva *et al.*, 2020.

Los principios orientan el proceso de diseño del sistema, establecen las pautas para examinar las organizaciones y los sistemas existentes para diseñar otros nuevos desde cero. La autora prevé que en un futuro no muy lejano, los principios aplicables en agentes humanos también serán válidos para aplicarlos en agentes autónomos compuestos por Inteligencia artificial (IA) y otras tecnologías.

Debido a la complejidad que presentan los sistemas socio-técnicos, es útil poder aislar o delimitar ciertos elementos del sistema, para procesar de una forma más controlada y enfocada la aplicación y evaluación de los principios de diseño de STS por medio de un modelo multi-nivel o multicapa que se explica a continuación.

2.2.2 Niveles de los Sistemas Socio-Técnicos.

Dado que involucran a todos los actores de la organización, incluidos empleados, ingenieros, expertos en la materia y gerentes, los sistemas socio-técnicos están enfocados en una práctica altamente participativa. Además de gestionar las relaciones con el entorno para lograr intercambios efectivos con él, este enfoque pretende crear sistemas de trabajo efectivos que potencien las relaciones entre sus componentes sociales y técnicos en su conjunto. También anticipa factores externos que pueden perturbar el sistema organizacional.

Los sistemas multinivel han sido más estudiados por los científicos sociales que por los ingenieros, por ejemplo, en los enfoques institucionales, Trist (1981) propone un modelo de tres niveles de actuación denominados niveles de sistemas socio técnicos y corresponden a los enfoques en los que pueden ser abordados los sistemas de trabajo para su estudio, posteriormente en 1986 Melo introduce un cuarto nivel (González y Campelo, 2004), a continuación, se describe cada uno:

a) Nivel de Sistemas Primarios de Trabajo.

Se refiere a un enfoque sobre los subsistemas de grupos de trabajo. El diseño de trabajo de Sistemas Socio-Técnicos se basa en que los resultados como la productividad del grupo de trabajo y satisfacción en el trabajo puede ser manipulada para optimizar conjuntamente los factores sociales y técnicos del lugar de trabajo.

Bajo este enfoque de organización, los miembros de cada grupo de trabajo tienen alguna

entidad de elección o ajuste, como puede ser una línea de producción de algún producto, o una estación de trabajo; interpretación que se tiene sobre el desempeño de la entidad y monitoreo de la tecnología de dicha entidad, es decir, en estos sistemas la mayoría de los elementos están subordinados o dependen de los miembros de trabajo para su ejecución. Al contrario de sistemas más sofisticados como las computaciones, donde los sistemas técnicos o tecnológicos ejecutan el trabajo y realizan el monitoreo de los grupos de trabajo.

b) Nivel de Sistema Interorganizacional.

Este nivel trata problemas complejos relacionados con la promoción y el desarrollo individual, los requerimientos de la red de apoyo organizacional y las unidades de articulación para combinar objetivos complementarios y espacios de acción de varios actores individuales y organizacionales (Gonzalez y Campelo, 2004). La autora Melo (1986) propone una metodología para abordar este nivel por medio de la *Planificación adaptativa* que se refiere al proceso que incluye la definición de un estado deseado o concepción del sistema, su implementación y evaluación. Esta adaptación es vista como un proceso continuo y necesario para el aprendizaje del sistema. (González y Manrique, 2004).

c) Nivel de Sistema Organizacional.

Corresponde al enfoque donde se concibe a la organización como un todo, sus procesos y estructura. Para su administración, se piensa que la organización es un sistema único y con un propósito, y en lugar de abordar cada segmento de la organización por separado, se aborda un segmento considerando la relación que tiene con otros, ya que se asume que cada parte se relacionan entre sí y, por lo tanto, la intervención en uno tendrá influencia en otras partes del mismo sistema.

Este enfoque permite visualizar a la organización como un todo que se encuentra dentro de un ambiente externo que es más amplio que ella, lo que permite las consideraciones de elementos externos potencialmente influyentes en el sistema de análisis.

d) Nivel Macro Social.

Estos incluyen sistemas en comunidades y sectores industriales, así como instituciones a nivel social. El análisis en este nivel puede considerar los medios como sistemas socio-técnicos, dado que las características técnicas de varios medios tienen efectos de largo alcance en los usuarios. Lo mismo es cierto para las formas arquitectónicas y la

infraestructura del entorno construido. Estos son fenómenos socio-técnicos más que organizaciones.

Estos niveles ayudan a delimitar el sistema que se pretende abordar para su evaluación o concepción, teniendo en cuenta que el sistema de trabajo no se limita a una actividad realizada en un puesto de trabajo, sino que también puede concebirse a una escala mayor donde los elementos corresponden a un sector de la sociedad, como los transportistas que interactúan con los controladores de tránsito dentro de un sistema de transporte. La distinción entre estos niveles también puede ayudar en la selección de métodos y herramientas para analizar un sistema de trabajo.

Por otra parte, un modelo más reciente que permite el tratamiento integrado de diversos arreglos sociales e institucionales es el presentado por Williamson (2000) y retomado por Bauer y Herder (2009) para distinguir los niveles de los sistemas socio-técnicos como capas. En los sistemas de múltiples capas, la causalidad de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba coexisten: las capas superiores habilitan e imponen restricciones a los niveles inferiores, y viceversa. El marco de este modelo se compone de los cuatro niveles que se muestran a continuación.

a) Sistema técnico específico.

En la capa más baja del subsistema técnico, se toman decisiones operativas continuas en respuesta a su estado. Administrar recursos, organizar flujos de tráfico, control de los sistemas de comunicación, requisitos de calidad y de servicio. Estas decisiones pueden ser tomadas por agentes humanos y, por lo tanto, estar directamente vinculadas al sistema social, o pueden ser automatizadas con base en rutinas y protocolos técnicos preestablecidos. En este último caso, están indirectamente vinculados al sistema social.

b) Diseño de artefactos técnicos.

En esta capa se toman decisiones sobre cómo se diseñan estos artefactos técnicos. Estos incluyen tanto la arquitectura de los sistemas físicos como los procesos de control de estos sistemas.

c) Ambiente institucional en el subsistema social

Se deciden los parámetros amplios de las soluciones técnicas. Estos pueden incluir acuerdos tales como leyes de patentes, mecanismos de establecimiento de normas nacionales e internacionales y la adopción de convenciones para el diseño de tecnologías.

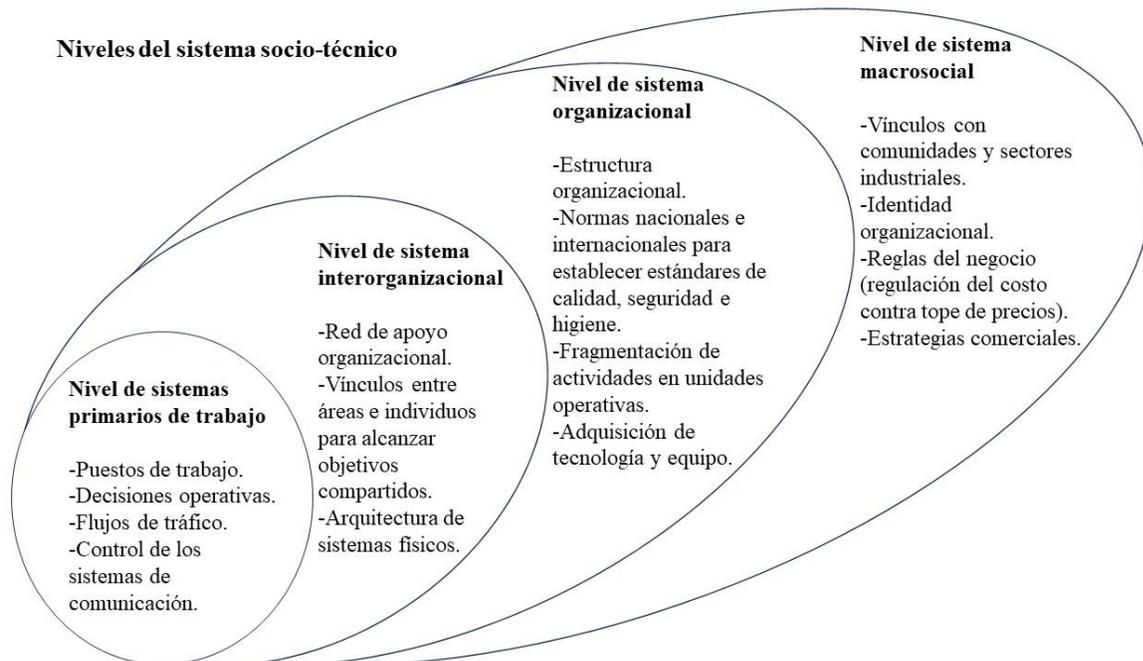
d) Estructura de gobierno

En esta capa se definirán métodos específicos de regulación (regulación del costo del servicio versus tope de precios), decisiones de propiedad (estatal, privada o híbrida) y diseño de mercado. Los mercados, las jerarquías y las redes son formas importantes de la amplia gama de estructuras de gobierno disponibles.

En este modelo, las decisiones de diseño se toman en todas las capas, pero el alcance de dichas elecciones es generalmente más amplio en las capas inferiores. En consecuencia, en las capas más altas del sistema socio-técnico, las decisiones de diseño deliberadas se vuelven menos frecuentes y las características emergentes se vuelven más importantes. Las elecciones de diseño continuas y específicas se realizan en la capa operativa y de gestión y están restringidas por opciones de diseño en la capa de gobierno.

La Figura 2 sintetiza el alcance que tiene cada nivel, de acuerdo con los dos modelos descritos previamente.

Figura 2. Niveles del sistema socio-técnicos.



Nota. Síntesis de los niveles del sistema socio-técnico. Trist (1981), Melo (1986), Bauer y Herder (2009). Elaboración propia.

El enfoque para evaluar los sistemas socio-técnicos se pone en práctica después de que se haya determinado el nivel del sistema socio-técnico que se verá afectado.

2.2.3 Método para analizar Sistemas Socio-Técnicos.

Todos los sistemas socio técnicos deben ser sujetos de análisis para su diseño y mejoramiento de eficiencia del sistema, para ello Trist (1981) propone la metodología para analizar sistemas socio-técnicos, se compone por nueve elementos que comprenden todas las dimensiones de análisis, esta metodología sigue vigente y se ha empleado en el caso de estudio realizado por Manrique (2013) para desarrollar un sistema socio técnico en el área de seguridad y salud ocupacional en una empresa de servicios. A continuación, se muestra la secuencia que sigue la metodología:

- 1) Se realiza el escaneo inicial de todos los principales aspectos técnicos y sociales del sistema de destino seleccionado, es decir, el departamento o planta a estudiar;
- 2) Identificación de las operaciones unitarias o transformaciones (cambios de estado) del material o producto que ocurren en el sistema de destino, ya sea que las realicen humanos o máquinas;
- 3) Identificación de las diferencias clave y sus interrelaciones. Una variación es significativa si tiene un impacto significativo en: la cantidad o la calidad de la producción, o los costos operativos o sociales de la producción;
- 4) Elaboración de una tabla de control de variaciones para determinar en qué medida el sistema social (los trabajadores, los supervisores y los gerentes) controlan las variaciones clave. Se investiga qué diferencias se importan o exportan a través de la frontera del sistema social.);
- 5) Investigación de las percepciones de los miembros del sistema social sobre sus roles, posibilidades de roles y factores limitantes;
- 6) Investigación de los sistemas cercanos, comenzando con el sistema de soporte o mantenimiento.;
- 7) Analizar las fronteras de los sistemas que interactúan en los lados de entrada y salida, es decir, sistemas de proveedores y usuarios;
- 8) Considerar en el contexto del sistema de gestión general de la organización el sistema objetivo y sus vecinos inmediatos en términos de los efectos de las políticas o planes de desarrollo técnico o social;
- 9) La iteración del análisis puede ocurrir en cualquier etapa, lo que eventualmente conduce a propuestas de diseño para el objetivo y/o los sistemas vecinos.

Este proceso incluye definir un estado deseado o una concepción del sistema, implementarlo y evaluarlo. La evaluación debe incluir la participación de los actores del proceso y permitir replantear el estado deseado, los objetivos y las líneas de acción. Luego de la evaluación, se inicia un nuevo ciclo en el proceso, en el cual la concepción del sistema, o la definición del estado futuro deseado para el sistema, debe hacerse desde una perspectiva holística, involucrando la coordinación de los diversos elementos del sistema y sus distintos niveles de integración.

2.3 Macroergonomía.

En 1986 Hendrick formalizó la subdisciplina de la Macroergonomía gracias en parte a la encuesta internacional de Ergonomía o Factores Humanos del Comité de Planificación Estratégica de la Sociedad de Ergonomía y Factores Humanos (HFES) (Moray, 2005; Hendrick, 2005) en la cual se identificó la *human-system interface technology* [tecnología de interfaz humano-sistema] como tecnología propia de la Ergonomía o Factores Humanos (E/FH), subdividida en cinco partes cada una con un enfoque de diseño relacionado: 1) Tecnología de interfaz humano-máquina o ergonomía del hardware; 2) Tecnología de interfaz humano-ambiente o ergonomía ambiental; 3) Tecnología de interfaz humano-software o ergonomía cognitiva 4) Tecnología de interfaz humano-trabajo o ergonomía del diseño del trabajo y 5) Tecnología de interfaz humano-organización, o macroergonomía. Las primeras cuatro de estas tecnologías se centran principalmente en el nivel individual o, en el mejor de los casos, de subsistema. Por lo tanto, constituyen las tecnologías de lo que a menudo se denomina en la literatura microergonomía. El quinto se centra en el nivel general del sistema de trabajo y, en consecuencia, es la tecnología principal de la macroergonomía (Hendrick y Kleiner, 2002) ver Tabla 2.

Tabla 2. Comparación entre microergonomía y macroergonomía.

Características	Microergonomía	Macroergonomía
Nivel de lenguaje	Micro	Macro
Unidad de trabajo	Tarea, Subtarea	División de trabajo, grupo
Destino	Optimizar el trabajo	Optimizar el sistema de trabajo
Foco	Detalles	Revisión extensa
Herramienta de medición	En general, mide el cuerpo junto con el lugar, la iluminación, los decibelios y el tiempo.	comúnmente organizacional y mide la subjetividad incluye el rango de seres humanos, un rango de administración, conducta y moral
Aplicación de habilidades	Anatomía, psicología, psicología de la creencia.	Conducta organizacional, psicología industrial y organizaciones.

Nota. Adaptado de Ayu *et al.*, (2022); por Kleiner (2006).

La Macroergonomía, como ciencia, se define como un enfoque socio-técnico de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba para sistemas que incluye estructuras, políticas y procesos organizacionales que ayudan en el diseño de un sistema de trabajo compuesto por interfaces Persona-trabajo, Persona-máquina, Persona-software y Persona-Entorno (Carayon, 2011; Hendrick, 1997; Hendrick & Kleiner, 2000; International-Ergonomics-Association-(IEA), 2013). Es decir, la manera de proceder tiene dos vías para mejorar las estructuras y los procesos que constituyen el sistema de trabajo general, se pueden analizar y diseñar las estructuras y los procesos del sistema de trabajo general y luego trabajar en los subsistemas y factores, o analizar los factores y luego construir sistemáticamente hasta la estructura y los procesos generales del sistema (Hendrick, 2005; Moray, 2005).

Para García (2002), la macroergonomía también integra elementos inherentes a los factores político-jurídicos, económico-financieros, socio-culturales y tecnológico-científicos de una

organización para definir las actividades de trabajo a lo largo de toda la organización. Por lo tanto, el enfoque macroergonómico se puede utilizar para abordar los temas relacionados con “El ambiente de trabajo psicosocial y organizacional, el desarrollo de recursos humanos y competencia, el cambio en el mercado laboral y social, las tecnologías de punta y el bienestar y la salud de los trabajadores” (Sztarcsevszky, 2019; Ingelgard, 1996).

En el año 1995, Hendrick planteó que la macroergonomía surge a partir de la necesidad de abordar las deficiencias en las prácticas tradicionales del diseño de sistemas de trabajo, centradas en el uso de la tecnología para el desarrollo de un trabajo y asignando las tareas que estaban fuera del alcance de la máquina o tecnología a las personas.

Estas prácticas son referidas por Kleiner (2006) como los tres grandes errores de la ingeniería: a) el diseño orientado hacia la tecnología y no hacia el usuario; b) una sesgada aproximación al diseño de artefactos; c) la falta de consideración por la armonía entre las características socio técnicas y los sistemas de trabajo, es decir que no consideran los aspectos sociales dentro del diseño, los cuales en la actualidad siguen prevaleciendo en algunos centros de trabajo modernos.

Todo esto justifica un enfoque que va más allá de la ergonomía tradicional que, como argumenta Hendrick (1991, 1995), apunta a mejorar la productividad, la salud de los trabajadores y los aspectos motivacionales del sistema global. El constante cambio en la realidad del trabajo influenciada por el acelerado avance tecnológico y en gran medida por las nuevas tecnologías computacionales y de comunicación, la expansión demográfica en las ciudades, las nuevas expectativas con respecto a la vida personal y el trabajo, el aumento global de la competitividad y otras, necesita más allá de un análisis ergonómico micro-orientado, para cumplir con el objetivo de la propia ergonomía.

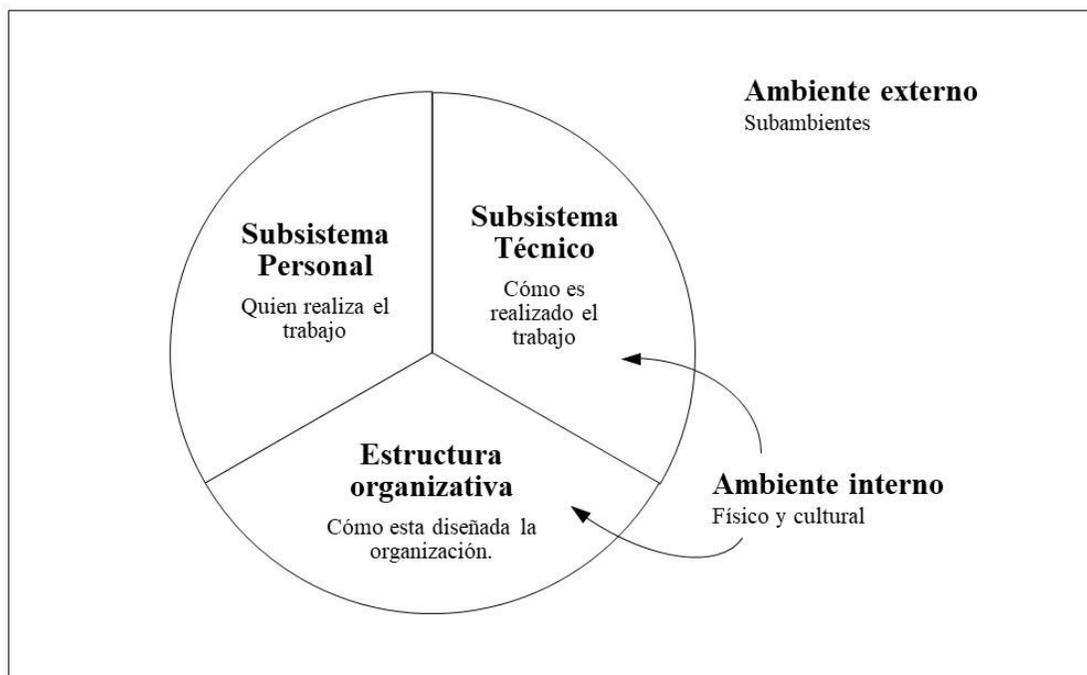
Los factores y procesos organizacionales son importantes en ergonomía, a pesar de ello Guimaraes y Fogliatto (1999) consideran que la macroergonomía surgió después de la teoría de los sistemas socio-técnicos y los procesos de gestión de la calidad, porque estos factores habían sido poco enfocados dentro de la investigación ergonómica; sin embargo, presentan la ergonomía como fundamento de una necesaria metodología integradora, para el desarrollo de una metodología macroergonómica capaz de triangular un enfoque común que considere los aspectos microergonomicos, de gestión de calidad y de los sistemas socio técnicos.

2.3.1 Objetivo de la Macroergonomía.

El objetivo principal de la macroergonomía es garantizar que el sistema de trabajo general sea armonioso y se ajuste a su naturaleza socio-técnica, lo que resulta en mejores acciones conjuntas para la productividad, la comodidad y la seguridad de la organización. Debido a que el sistema está diseñado pensando en las personas, la macroergonomía da como resultado sistemas que funcionan de manera óptima y eficaz, así como productividad, seguridad, comodidad y calidad de vida en el trabajo. (Hendrick y Kleiner, 2002).

El diseño de la estructura de un sistema de trabajo y los procesos relacionados implica la consideración de los tres componentes principales del sistema socio-técnico que interactúan y afectan el diseño óptimo del sistema de trabajo: el subsistema tecnológico, el subsistema de personal y el entorno externo relevante que permea la organización (ver Figura 3).

Figura 3. Modelo macroergonómico de la organización.



Nota. Diagrama recuperado de: Application of macroergonomics principles in the implementation of computer integrated manufacturing systems, por Rivera, 2013.

Para alcanzar su objetivo la macroergonomía ha desarrollado un método propio inspirado en el método de sistemas socio-técnicos, este proceso se muestra a continuación.

2.3.2 Proceso de intervención macroergonómica.

Para un proceso de intervención macroergonómica en un sistema de trabajo, Sztarcsevszky (2019) retoma la estructura general del modelo macroergonómico propuesto por Taveira (1993) que comprende cuatro etapas principales:

- 1) Examinar las necesidades de la organización en términos de trabajo y tecnología;
- 2) Crear una intervención viable para abordar los problemas identificados;
- 3) El procedimiento se lleva a cabo;
- 4) Medir los efectos para difundir los resultados y proporcionar la retroalimentación a los usuarios.

Para aumentar la efectividad del sistema, la evaluación se realiza utilizando un enfoque novedoso de los cuatro grandes subsistemas, que incluye variables ambientales, tecnológicas e interpersonales que afectan las interacciones sistémicas entre las personas y las herramientas de trabajo (Kleiner, 1998). Para el estudio se consideran las necesidades, expectativas y objetivos de la organización en interacción con el entorno, lo cual es una nueva inclusión en esta corriente de la macroergonomía. El análisis de los sistemas socio-técnicos comienza con la unidad de operación definida y la consideración de indicadores de desempeño. La macroergonomía distingue entre indicadores de desempeño y objetivos organizacionales porque puede haber una distinción entre los dos. Además de este método general, un método más específico es el método análisis y diseño macroergonómico (MEAD) que se describe a continuación.

2.3.3 Método de intervención de los sistemas de trabajo basado en el Análisis y Diseño Macroergonómico (MEAD)

En su libro de 2002 *Macroergonomics, Theory, Methods, and Applications*, Hendrick y Kleiner formalizan el método *Análisis y Diseño Macroergonómico* (MEAD), un método de intervención para los sistemas de trabajo basado en la teoría de los sistemas socio-técnicos.

Este método consta de diez pasos de intervención (García y Lang, 2010), que son los siguientes:

- 1) Escaneo del subsistema organizacional y ambiental;
- 2) Definición del tipo de sistema de producción y fijación de objetivos de rendimiento;
- 3) Definición de unidades operativas y procesos de trabajo;
- 4) Identificación de variaciones;
- 5) Construcción de una matriz de las variaciones;
- 6) Construcción de una tabla de control de variaciones clave y una red de roles;
- 7) Desarrollo de la localización de funciones y diseño conjunto;
- 8) Comprensión de roles y percepción de las responsabilidades;
- 9) Diseño o rediseño de los subsistemas e interfaces;
- 10) Implementación, iteración y mejoramiento.

A continuación, se detallan cada uno de los pasos que componen el método *MEAD*.

Paso 1. Escaneo del ambiente y los subsistemas organizacionales.

La exploración del sistema, seguida del entorno y de los subsistemas organizacionales, es la primera fase del proceso de análisis socio-técnico del sistema de trabajo. Debido a que el entorno externo puede ser el subsistema más influyente para determinar si el sistema socio-técnico tendrá éxito, es fundamental lograr un ajuste válido entre la organización y el entorno y una optimización conjunta.

Durante la exploración del sistema, con frecuencia hay una discrepancia entre lo que la organización afirma que son sus características definitorias y su identidad real, tal como lo revela el comportamiento de la organización. Como resultado, es beneficioso determinar la naturaleza y el alcance de esta variación.

El escaneo del sistema implica definir los lugares de trabajo en términos de sistema, incluyendo las fronteras o límites del proceso relevantes, por ello en esta etapa se establecen las fronteras iniciales del sistema de trabajo.

Las entidades fuera de las fronteras identificadas durante el escaneo del sistema serán consideradas como parte del ambiente externo. En el escaneo del ambiente, los subambientes de la organización y los principales actores dentro de estos subambientes son identificados. Se identifican sus expectativas para la organización. Los conflictos y ambigüedades son vistos como oportunidades para los procesos o mejoras de la interfaz.

Las variaciones se analizan para determinar las restricciones de diseño y las oportunidades de cambio. El sistema de trabajo puede rediseñarse para alinearse con las expectativas externas, o puede tratar de cambiar las expectativas del entorno para que sea coherente con sus planes y deseos internos. De acuerdo con la teoría de los sistemas socio-técnicos, la respuesta estará influenciada por el entorno cuando la organización lo vea como una fuente de provocación o inspiración (Pasmore, 1988).

El diseño se ocupa de la creación o rediseño de interfaces entre los sistemas organizacionales y los subentornos relevantes para mejorar la comunicación y la toma de decisiones. El primer paso debería concluir al desarrollar una hipótesis de diseño organizativo a partir de los análisis del entorno y del sistema (Hendrick y Kleiner, 2002).

Paso 2. Definición del tipo de sistema productivo y establecimiento de las expectativas de desempeño.

El tipo de producción del sistema de trabajo puede ayudar a determinar el nivel óptimo de complejidad, centralización y formalización. El escaneo del sistema de la fase anterior debería haber ayudado en este sentido, y el analista debería consultar los modelos de producción disponibles. En este contexto se identifican los criterios clave de desempeño relacionados con el propósito de la organización y los procesos técnicos. Esto requiere determinar los factores de éxito para los productos y servicios, pero también puede incluir medidas de desempeño en otros puntos del sistema de la organización, particularmente si la toma de decisiones es fundamental para la mejora del proceso de trabajo.

Sink y Tuttle (1989) sugieren que el desempeño organizacional puede ser medido o evaluado usando siete criterios de desempeño o grupos de medidas: eficiencia, efectividad, productividad, calidad, calidad de vida laboral (*QWL* por sus siglas en inglés), innovación y rentabilidad o "presupuestabilidad".

El criterio de eficiencia se centra en la entrada o la utilización de recursos. La efectividad se enfoca en sí, los objetivos son realizados. La productividad se considera como una relación entre productos/insumos. La innovación se refiere a los cambios creativos en el proceso o producto que dan como resultado mejoras en el rendimiento. La rentabilidad es un criterio estándar de gestión empresarial. Para las organizaciones sin fines de lucro, Sink y Tuttle (1989) introdujeron

la "presupuestabilidad" o gastos relativos al presupuesto para reemplazar el criterio de rentabilidad.

Una vez identificado el tipo de sistema productivo, se deben sustentar o modificar las hipótesis de diseño organizacional generadas en la fase anterior hasta poder analizar también en profundidad el subsistema de personal.

En este punto, se pueden desarrollar las especificaciones de los requisitos, incluidos los requisitos microergonómicos. También se incluyen las preferencias de complejidad, centralización y formalización para el diseño del sistema. Clegg, Ravden, Corbett y Johnson (1989) proponen el uso de escenarios para obtener estas preferencias, que presentan asignaciones alternativas, costos asociados y beneficios.

Paso 3. Definición de las unidades de operación y procesos de trabajo.

Las operaciones unitarias son colecciones de pasos de conversión que, cuando se combinan, forman un trabajo completo y están separados de otros pasos por límites territoriales, tecnológicos o temporales. Las operaciones unitarias a menudo se pueden identificar por su propio subproducto distintivo. También se pueden identificar por interrupciones naturales en el proceso, es decir, límites determinados por cambios de estado o transformación, o bien por cambios reales en la forma o ubicación de la materia prima, entradas, o almacenamiento de material.

Para cada unidad de operación o departamento se definen los propósitos/objetivos, insumos, transformaciones y productos. Si la tecnología es compleja, puede ser necesaria una departamentalización adicional. Si la colocación no es posible o deseable, puede ser necesaria la diferenciación espacial y el uso de mecanismos de integración digital. Si la tarea excede el cronograma asignado, es posible que se necesiten grupos de trabajo o turnos.

Idealmente, los recursos para el desempeño de las tareas deberían estar contenidos dentro de la unidad, pero las interdependencias con otras unidades pueden complicar las cosas. En estos casos, es posible que se requiera rotación de puestos, capacitación cruzada o reubicación.

El flujo de trabajo actual del proceso de transformación de insumos en productos debe ser un diagrama de flujo, que incluya los flujos de materiales, las estaciones de trabajo y los límites tanto físicos como informales o imaginarios. En los sistemas lineales, como la mayoría de los

sistemas de producción, la salida de un paso es la entrada del siguiente. En los sistemas no lineales, como muchos entornos de trabajo de servicio o conocimiento, los pasos pueden ocurrir en paralelo o pueden ser recursivos. Se identifican las operaciones unitarias. También se identifican en esta etapa las funciones y subfunciones o tareas del sistema (Clegg, et al., 1989).

El objetivo de este paso es evaluar posibles mejoras y problemas de coordinación planteados por el diseño técnico o la instalación.

Paso 4. Identificación de variaciones.

Una variación es una desviación repentina o no deseada de las condiciones, especificaciones o normas de funcionamiento estándar. La teoría de sistemas socio-técnicos (STS) distingue entre variaciones en la entrada y variaciones en el rendimiento. Deming (1986) distingue entre causas especiales y comunes de variación en el rendimiento, siendo las primeras causas anormales y las segundas esperan una variación del sistema de las operaciones normales.

Las variaciones por causas especiales deben abordarse primero para poder controlar el proceso de trabajo, posteriormente se enfoca en abordar las variaciones por causas comunes para la mejora general del sistema.

La identificación de variaciones en los niveles de procesos y tareas puede proporcionar información contextual importante para el rediseño de tareas y trabajos a fin de mejorar el desempeño en seguridad y calidad. El macroergonomista o analista puede identificar las variaciones utilizando el diagrama de flujo del proceso actual y el análisis de tareas detallado que corresponde al diagrama de flujo.

Paso 5. Creación de una matriz de variaciones.

Las variaciones clave son aquellas variaciones que impactan significativamente en los criterios de desempeño y pueden interactuar con otras variaciones, teniendo así un efecto compuesto. El propósito de este paso es mostrar las interrelaciones entre las causas de las variaciones en el proceso de trabajo de transformación para determinar en qué forma afectan a otras.

Las variaciones deben enumerarse en el orden en que ocurren en el eje Y. Las operaciones unitarias (agrupaciones) se indican en el eje X horizontal. Cada columna representa una sola variación. El analista puede leer cada columna para ver si esta variación provoca otras variaciones. Cada celda representa entonces la relación entre dos varianzas. Una celda vacía

implica que dos variaciones no están relacionadas.

El analista o equipo también puede utilizar una escala de calificación tipo *Likert* con una escala para estimar la severidad de las variaciones.

Es posible identificar las variaciones clave determinando la severidad al examinar si una variación o grupo de variaciones tiene un impacto significativo en el desempeño del sistema.

Una variación se considera clave si tiene un impacto significativo en la cantidad de producción, la calidad de la producción, costos operativos como servicios, materias primas, horas extras y costos sociales, insatisfacción y seguridad laboral; o si tiene numerosas relaciones con otras variaciones basadas en la matriz desarrollada. Otra forma de evaluación sería considerar el *Principio de Pareto*, aplicado en problemas de ingeniería, el cual describe que solo del 10% al 20% de las variaciones totales del sistema, son determinantes significativos del 80 al 90% de la calidad, la cantidad o el costo del producto.

Paso 6. Creación de una tabla de control de variaciones clave y una red de roles.

El objetivo de este paso es determinar cómo se controlan actualmente las variaciones existentes y qué tipo de apoyo adicional requiere el personal para el control de las variaciones. Por lo tanto, una tabla maestra de control de varianza propuesta consta de: una operación unitaria en la que se controla o corrige la varianza; quién asumirá la responsabilidad; qué medidas de control existen actualmente; qué interfaces, herramientas o tecnologías se necesitan para apoyar el control; y qué mensajes, información, habilidades o conocimientos especiales se necesitan para respaldar la auditoría. En la industria esto se conoce como un Plan de Control de producto o proceso.

Mientras que un trabajo es definido como un contrato o acuerdo entre el individuo y la organización, el rol de trabajo, en cambio, se compone de comportamientos reales de una persona que ocupa un puesto o trabajo en relación con otras personas. Estos comportamientos de rol resultan de las acciones y expectativas de un número de personas en un conjunto de roles.

Un conjunto de roles está formado por personas que envían expectativas y refuerzos a los ocupantes del rol. El análisis de roles implica determinar quién interactúa con quién, sobre qué y la efectividad de esas interacciones. Esto es importante en la producción técnica porque determina el nivel de flexibilidad del sistema de trabajo.

En una red de roles, primero se identifica el rol responsable de controlar las variaciones clave.

Aunque pueden existir múltiples roles que satisfacen este criterio, a menudo hay un solo rol sin el cual el sistema no podría funcionar.

Con el rol central identificado, se pueden identificar otros roles mediante un diagrama de relación con el rol central. Según la frecuencia y la importancia de una relación o interacción dada, la longitud de la línea puede variar, donde una línea más corta representa más interacciones o más cercanas. Se puede hacer uso de flechas para indicar la naturaleza de la comunicación en la interacción, donde una flecha direccional indica la comunicación unidireccional y una flecha bidireccional sugiere interacción bidireccional.

Posteriormente, se evalúan las relaciones en la red de funciones, teniendo en cuenta que los clientes internos y externos de los roles también pueden ser entrevistados o encuestados para conocer sus percepciones sobre la efectividad del rol. Además, las hipótesis del diseño organizacional se pueden probar contra el análisis detallado de la varianza y el control de la varianza.

La tabla de análisis de roles y control de varianza pueden sugerir, por ejemplo, la necesidad de aumentar o disminuir la formalización o la centralización. Si se recomiendan procedimientos para ayudar a controlar las variaciones, este aumento en la formalización debe evaluarse frente a las preferencias de diseño organizacional más generales sugeridas por los análisis ambientales y del sistema de producción.

Paso 7. Desarrollo de la localización de funciones y diseño conjunto.

Considerando la definición de los objetivos, requisitos y funciones del sistema, se debe asignar funciones y tareas sistemáticamente a las personas, maquinaria y sistemas computacionales, para ello se debe verificar cualquier restricción del subambiente para la asignación que se haya identificado durante el escaneo del ambiente, que puede ser de tipo regulatoria, financiera, entre otras como lo sugiere (Clegg, et al., 1989).

A continuación, se puede realizar la asignación provisional de funciones y tareas a personas, máquinas, ambos o ninguno. En el último caso, puede ser importante volver a desarrollar requisitos utilizando los cuatro grupos de criterios que sugiere Kleiner (1998): viabilidad técnica; salud y seguridad; requisitos operativos, es decir, físicos, de información o de rendimiento; y características de la función, es decir, criticidad, imprevisibilidad, o psicológica.

Los cambios técnicos se realizan para prevenir o controlar las variaciones clave, por lo que es posible que se necesite un diseño centrado en el ser humano para apoyar a los operadores en su intento de prevenir o controlar variaciones clave, como lo es en: interfaces, sistemas de información para proporcionar retroalimentación; ayudas de trabajo; herramientas de control de procesos; tecnología más flexible; rediseño del puesto de trabajo o del sistema de manipulación; o mecanismos integradores.

Después de considerar los cambios del sistema centrados en los aspectos técnicos, se debe centrar la atención en apoyar a la persona, directamente abordando los requisitos de conocimientos y/o habilidades requeridas a partir de las variaciones clave y cualquier problema de selección que pueda ser evidente, esto puede realizarse con procesos de capacitación y evaluación de los trabajadores.

Se identifica quién controla las variaciones y las tareas realizadas para controlar estas variaciones en la tabla de control de variaciones. Se recomiendan cambios en el sistema del personal en esta etapa para prevenir o controlar variaciones clave. Es posible que se requieran conjuntos de habilidades o conocimientos específicos, que se pueden obtener a través de capacitación técnica, cursos formales, talleres o aprendizaje a distancia.

En este punto del proceso, se han generado hipótesis de diseño organizacional y se han ajustado iterativamente a medida que se realizan nuevos análisis. El paso siguiente consiste en tomar las especificaciones para los niveles de complejidad, centralización y formalización del diseño organizacional y producir estructuras específicas. Dependiendo del nivel de análisis del proceso del sistema de trabajo, esto podría requerir un diseño/rediseño a nivel organizacional, de grupo/equipo o en ambos niveles.

Paso 8. Comprensión de los roles y la percepción de las responsabilidades.

Es importante identificar cómo los trabajadores perciben sus roles documentados en la tabla de control de varianza, especialmente si la tabla fue construida inicialmente por quienes no ocupan los roles identificados a través de entrevistas, los titulares de roles pueden participar en el análisis de sus percepciones de su rol.

El analista puede comparar los roles esperados y percibidos para ver si hay alguna diferencia; de ser así, estas variaciones pueden ser gestionadas a través de la capacitación y selección, así como

del apoyo tecnológico. En esencia, tenemos dos redes de roles: una que se requiere y otra que se percibe. La ergonomía participativa, la capacitación, la comunicación, el diseño de interfaz y el diseño de herramientas pueden ayudar a reducir la variación entre los dos.

Paso 9. Diseño o rediseño que soportan los subsistemas e interfaces.

De acuerdo con el principio de diseño de *Sistemas Socio Técnicos* de “congruencia de apoyo”, los sistemas de apoyo social deben estar diseñados para reforzar los comportamientos de la estructura organizacional. Es decir, la filosofía de gestión debe ser coherente y las acciones de gestión deben ser consistentes con la filosofía declarada. Las estructuras de apoyo social como los sistemas de recompensas, el proceso de selección, las políticas de formación y los mecanismos de resolución de conflictos, entre otros, deben ser coherentes con los objetivos que rigen el diseño del sistema de trabajo (Manrique y González, 2015).

Según Clegg, et al. (1989) en el método de asignación de funciones, las asignaciones individuales y acumulativas realizadas de forma provisional, pueden evaluarse más a fondo: especificaciones de requisitos; recursos humanos y financieros disponibles en el momento de la implementación; y el resultado de la suma total.

Además de verificar la asignación de funciones, las interfaces entre los subsistemas deben verificarse y rediseñarse en este paso, especialmente en el trabajo individual y en equipo, el entorno físico interno debe ajustarse ergonómicamente si es necesario para promover el bienestar humano, la seguridad y/o la eficacia. Evaluando los análisis de variación técnica y de personal, podemos evaluar si hay cambios ambientales físicos que promuevan la mejora. Estos cambios pueden incluir cambios en la temperatura, iluminación, humedad, control de ruido/protección auditiva, entre otros.

Paso 10. Implementación, iteración y mejoramiento.

En este punto, es preferible ejecutar o implementar los cambios de proceso de trabajo recomendados, diseñar interfaces y asignar funciones. Debido a que el equipo macroergonómico no tendrá la autoridad para implementar los cambios recomendados por el análisis en la mayoría de los casos, es posible que se requieran propuestas con recomendaciones de cambio para su presentación dentro de la estructura organizacional formal. Dichas propuestas deben adherirse a principios macroergonómicos e incluir elementos tales como objetivos técnicos y sociales,

ergonomía participativa y desempeño multidimensional.

En función de los comentarios de la propuesta, es posible que sea necesario realizar modificaciones a la propuesta, lo que requerirá volver a pasos anteriores para realizar los ajustes necesarios, este proceso es iterativo.

Al igual que el principio de *Sistemas Socio Técnicos* de "incompleto", el diseño macroergonomico de trabajo se considera incompleto o desequilibrado, ya que las evaluaciones pueden sugerir un regreso a un paso anterior en el proceso para renovar el rediseño parcial o total. Una vez aceptada la propuesta de cambio, se puede iniciar la implementación, monitoreando periódicamente el progreso. Para complementar las evaluaciones formativas semanales realizadas por el equipo de implementación, una parte externa objetiva debe realizar evaluaciones formativas semestrales. Esta evaluación debe presentarse al equipo de implementación y debe llevarse a cabo un diálogo constructivo sobre las expectativas y el progreso hasta la fecha.

A pesar de parecer un proceso lineal, durante las distintas etapas puede haber actividades que se yuxtaponen o regresar a pasos anteriores, por ello es importante documentar la conclusión de cada paso, para mantener un proceso claro que permita identificar si se obtienen los resultados esperados de cada etapa.

2.4 Diseño estratégico.

El diseño estratégico se relaciona con frecuencia con la administración de la organización en los niveles superiores, donde se establecen las políticas, las reglas del negocio o la diversificación de las unidades de negocio. El uso del diseño en las organizaciones, comprende los temas de la gestión del diseño, el diseño y los negocios, y el diseño y la estrategia (Boland, Collopy, Lyytinen y Yoo, 2008; Buchanan, 2015; Friedman, 2016). Esta línea de investigación ha demostrado que la incorporación del diseño en los negocios genera beneficios tanto para las organizaciones como para la sociedad en su conjunto (Gallego, Mejía y Calderón, 2020). Por estas razones se ha considerado a la corriente de diseño estratégico como una capaz de actuar en el nivel macrosocial y organizacional, para generar sistemas de trabajo que, además de los aspectos puramente productivos y rentables, incluye aspectos sociales en su proceder.

El *diseño estratégico* es una acción proyectual multidisciplinar que puede reunir puntos de vista divergentes, integrar competencias y vincular tareas relacionadas en un proyecto de estrategia. La capacidad del diseño para fomentar la discusión y la construcción colectiva está en el centro de este proceso. Desde este punto de vista, el diseño estratégico puede verse como un proceso de aprendizaje social que da como resultado herramientas que pueden fomentar los ajustes a la cultura social y organizacional. “Es un proceso que genera conocimiento y asimila estrategias de adaptación y evolución” (Franzato, Del Gaudio, Bentz, Parode, Borba y Freire, 2015).

El diseño estratégico implica esencialmente dar a los organismos sociales y de mercado un conjunto de pautas, preceptos, ideales e instrumentos para interactuar con el mundo exterior, permitiéndoles adaptarse y, por lo tanto, vivir con éxito mientras preservan y hacen crecer sus propias identidades. Y, al hacerlo, afectar y transformar el entorno (Meroni, 2008). Esta implicación muestra con mayor claridad que su campo de acción se encuentra en la frontera del sistema de trabajo, estableciendo los mecanismos para interactuar con el ambiente externo, cabe mencionar que a partir de dicha interacción será posible detectar cambios causados por factores externos que afectaran a la organización a corto, mediano y largo plazo permitiendo desarrollar planes y estrategias de prevención que aporten resiliencia al sistema de trabajo.

Según Liem y Brangier (2015), en los proyectos de diseño estratégico, el diseñador generalmente está a cargo de determinar "qué desarrollar" en un entorno difuso y alinea su proceso con alguno de los seis modelos de razonamiento de diseño, que son "Resolución de problemas", "Hermenéutico", "Práctica reflexiva", "Participativo", "Social" y "Normativo" con el marco estratégico genérico (Whittington, 2001), además incluye la participación pasiva de los usuarios y otras partes interesadas. Los enfoques de planificación de productos y búsqueda de objetivos se complementan con procesos y métodos estructurados que facilitan la formulación y resolución de problemas de diseño específicos, de acuerdo con esta visión. En algunos casos, las restricciones altamente contextuales requieren un enfoque prospectivo y deliberado para el diseño, ejemplificado por actividades de creación de escenarios y de prototipos, prueba y ajuste en el sitio, bocetos y modelado.

A pesar de tener un proceso flexible y extenso, se observa el potencial que tiene el diseño estratégico para establecer líneas de acción en los niveles jerárquicos superiores de las organizaciones, orientados a mejorar su identidad, definir políticas o explorar mercados con

nuevos productos o servicios. Estas características permiten ubicar al diseño estratégico como una corriente de abordaje de arriba hacia abajo que opera en la frontera del sistema de trabajo. A continuación se explica un proceso de diseño estratégico que está organizado en una secuencia de actividades, similar a los procesos de las corrientes previamente estudiadas.

2.4.1 El proceso de diseño estratégico.

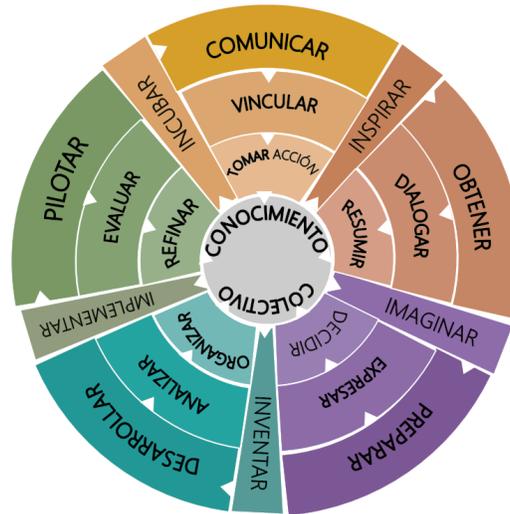
El proceso de diseño estratégico aplica los principios tradicionales de diseño en retos sistemáticos, empresariales o sociales. Los diversos participantes del ecosistema de innovación pueden construir lazos entre sí a través del proceso de diseño, que convierte la inteligencia colectiva en inteligencia institucional. El objetivo es promover la creación colaborativa del conocimiento necesario a través de diálogos estratégicos con personas y organizaciones que juegan diversos roles en el desarrollo de esta inteligencia institucional. Aquí, el término "diálogos estratégicos" se refiere a formas de pensar y actuar que se explican a través del desarrollo de situaciones futuras hipotéticas, lo que permite evaluar direcciones potenciales para desarrollar soluciones. (Wood, 1999).

La incertidumbre, la aleatoriedad, la imprevisibilidad y las inconsistencias son aspectos del proceso de diseño estratégico que reconoce y trabaja para administrar. Como resultado, a través de la colaboración y la comunicación, está expuesto a intercambios continuos de información con el entorno (en este caso, la red de intérpretes) buscando aprender a través de la comprensión de contradicciones y referencias. Logra esto enfatizando los puntos de vista de otras personas y dando importancia a temas comunes para efectuar los cambios sistémicos deseados a través de un proceso de producción de conocimiento comunal. Por tratarse de un proceso transdisciplinario, se deben fomentar las conexiones interpersonales y resaltar la variedad de atributos humanos. Es un proceso no lineal que es susceptible de interacciones con el entorno del que forma parte debido a la naturaleza cíclica de las acciones y retroalimentaciones.

De Mello (2017) propone un modelo que representa el proceso de diseño estratégico, teniendo en cuenta diversas etapas y actividades necesarias para poner en marcha la estrategia y compartir el conocimiento generado.

Los momentos se denominan: Inspirar, Imaginar, Inventar, Implementar e Incubar. Las actividades son obtener, dialogar, resumir, preparar, expresar, decidir, desarrollar, analizar, organizar, pilotar, evaluar, refinar, comunicar, vincular y tomar acción. Todos ellos están dirigidos a la construcción del conocimiento colectivo (ver Figura 4).

Figura 4. Momentos y Actividades del proceso de diseño estratégico



Nota. La forma circular del modelo evoca un procedimiento cíclico y flexible, evitando limitar los momentos a una sola secuencia, la red de intérpretes puede detectar contradicciones en diferentes momentos. Imagen por De-Mello, K. (2017).

El tiempo dedicado a cada uno de los momentos del recorrido o proceso debe establecerse a partir de decisiones colectivas y de acuerdo con las percepciones de los agentes con respecto a las condiciones del entorno. A continuación, se detalla cada uno de los momentos.

Momento Inspirar.

El propósito del momento “Inspirar” es crear conciencia sobre el problema que está experimentando el equipo de diseño. En esta etapa, se fomenta la comparación de la condición del pasado y el presente en un esfuerzo por comprender los diversos factores que contribuyen a los cambios en el clima organizacional. Se deben desarrollar herramientas para recopilar los datos requeridos, promover la discusión y sintetizar el conocimiento resultante de manera que se pueda comunicar a todas las partes involucradas.

Estos formatos deben servir como hoja de ruta para el proceso de desarrollo de una estrategia y como determinantes de las conexiones y oportunidades a tener en cuenta en el camino.

Momento Imaginar.

El objetivo del momento “Imaginar” consiste en dejar que la mente se abra a las diversas realidades que pueden existir y afectar la forma en que la organización opera y se define a sí misma. Se recomienda analizar tanto el escenario presente como el futuro. A través de escenarios de diseño, se representan los entornos futuros, se comunican las visiones del proyecto y se establecen juicios grupales sobre posibles direcciones de desarrollo estratégico.

Momento Inventar.

El momento “Inventar” tiene el objetivo de formalizar acciones posibles enfocadas en la situación presente. Se debe identificar los recursos que se tienen para construir el escenario futuro que se desea, además se debe desarrollar, analizar y organizar el concepto de negocio, entendido como el modelo de actuación que afecta al sistema. Una estrategia de diseño importante puede ser la de utilizar prototipos de la propuesta de valor para fomentar el diálogo estratégico y el intercambio de visiones entre los múltiples actores involucrados.

Momento Implementar.

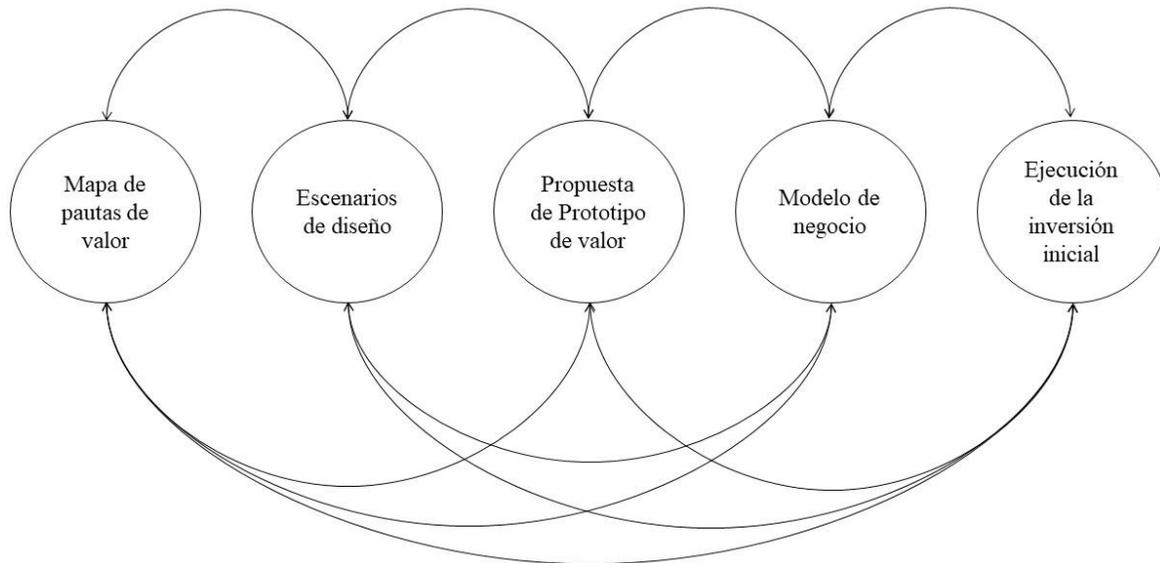
El objetivo del momento “Implementar” es probar la adecuación de las propuestas con un enfoque de la situación que va del presente al futuro. Se pone en marcha el diseño de la estrategia, para afectar y ser afectados por el entorno. En esta etapa se debe permitir que el equipo pruebe, evalúe y perfeccione la estrategia propuesta. En este momento se realizan la mayor cantidad de intercambios con el entorno, buscando retroalimentación para las acciones propuestas, así como su adecuación.

Momento Incubar.

El momento “Incubar” tiene como objetivo viabilizar la consolidación de la propuesta, con actividades relacionadas con informar a los posibles partidarios de la propuesta, involucrar a las personas en el proceso de cambio y buscar los recursos necesarios para implementar la propuesta que pueda ser sostenible para la organización en el tiempo bajo constante seguimiento de la necesidad de adaptar la estrategia, bajo un monitoreo constante de la necesidad de adaptar la estrategia como resultado de los cambios del entorno que se produzcan. Otro ciclo comienza después de que se determina la necesidad de adaptación.

El proceso propuesto por De-Mello (2017), presenta los conceptos fundamentales: lo que se debe hacer o momentos; las técnicas: cómo se debe hacer o actividades; y una indicación de los posibles resultados de la acción: prototipos tangibles de la estrategia, ver Figura 5.

Figura 5. Prototipos tangibles de la estrategia



Nota. Los prototipos tangibles de la estrategia se complementan, y la realización de uno puede llevar a la construcción de otro u otros. Por De Mello, K. (2017).

Cada paso del proceso puede ser asistido por las herramientas que los equipos de análisis pueden crear o elegir. De manera similar, cada resultado potencial de la acción influye en los demás. Además, la propuesta no distingue entre concepción e implementación. Las relaciones entre la organización y el entorno están en constante movimiento. Por ello se sugiere adoptar ciertos roles para abordar las diversas situaciones que se presentan durante el proceso de diseño.

2.4.2 Los roles dentro del proceso del diseño de estrategias organizacionales.

Considerando el proceso iterativo, no lineal y acotado en el tiempo de este modelo de diseño estratégico organizacional, De Mello (2017) sugiere que los diseñadores de estrategias puede adoptar varios roles: Antena, visionario, experimentador, conector y emprendedor, útiles para abordar las diversas situaciones que se presentan a lo largo de los cinco momentos de creación colectiva: Inspirar, imaginar, inventar, implementar e incubar. A continuación se detalla en que consiste cada rol.

Rol de Atenea.

El rol de “Antena” está asociado con la detección de cambios en el entorno sociocultural. Como resultado, el diseñador interactúa con los intérpretes, fomentando el discurso del diseño y realizando investigaciones socioculturales. Durante este proceso, él o ella obtiene información sobre el comportamiento, la motivación, los problemas y las oportunidades en la vida cotidiana y crea resúmenes para ampliar el repertorio del equipo que desarrolla estrategias organizacionales, principalmente en el momento “Inspirar”.

Rol de Visionario.

El rol de “Visionario” está vinculado a la capacidad de comprender los desafíos y buscar soluciones innovadoras. Quien ejecuta el rol es el catalizador de la innovación, empujando a las personas fuera de sus zonas de confort. El visionario comparte su repertorio de diseño con el equipo de diseño, imagina futuros posibles y crea escenarios que pueden estimular una discusión constructiva en el grupo de trabajo. Este rol desarrolla visiones futuras basadas en la interpretación del discurso de diseño que rodea las experiencias reales de las personas para informar e influir en el proceso de formulación y visualización de estrategias. Y él o ella utiliza esta comunicación para reunir a las partes interesadas dispares.

Rol del experimentador.

El papel del “Experimentador” está ligado a la creencia de que todo puede ser probado. Es el encargado de descubrir alternativas, probar ideas innovadoras y establecer relaciones con los usuarios para diseñar con ellos. Para hacer técnicamente viables las soluciones imaginadas, el experimentador las desarrolla y prototipa.

Rol del conector.

El papel del “Conector” es determinar los recursos físicos, humanos y estratégicos necesarios para la innovación, así como comprender las interacciones, problemas y oportunidades en el establecimiento de la red del proyecto. El rol busca integrar varias formas de pensar, filosofías y enfoques que se originan en varios grupos de partes interesadas. Como resultado, promueve la sinergia, la colaboración y la participación entre las personas, movilizand así el conocimiento tácito de las personas. También lidera el proceso para transferir conocimientos, procesos y métodos de diseño a la organización.

Rol de mentor.

El rol de “Mentor” está vinculado al seguimiento del diseño de la estrategia, con el objetivo de ayudar a los emprendedores en su implementación. Actúa como cabildero, buscando apoyo interno y externo para implementar la nueva estrategia.

Es importante enfatizar que todos estos roles son necesarios en varias etapas del proceso de diseño. Deben tenerse en cuenta al armar equipos multidisciplinarios para desarrollar estrategias organizacionales. A lo largo de este proceso, una persona puede asumir varios roles, asimismo, se pueden requerir diferentes roles en cada una de las situaciones. Los roles pueden ser ocupados por personas con diferentes niveles de educación que posean las habilidades necesarias.

El diseño estratégico aún está en proceso de evolución, pero es claro que el campo de acción está orientado hacia la interacción con el entorno externo. Esto ha llevado a experimentar con nuevas actividades de diseño como el desarrollo de escenarios, la generación de ideas de servicios y el diseño de servicios e integrar criterios de evaluación apropiados. Obteniendo como resultado la actividad de diseño conocida como Product Service System (PSS), que tiene por objetivo crear un sistema integrado de productos, servicios y comunicación basado en nuevas formas de organización, reconfiguración de roles de diferentes empresas, clientes y otras partes interesadas. Esta actividad logra desarrollar una estrategia que conecta los objetivos a largo plazo con las tendencias existentes basándose en nuevos sistemas de valor y nuevas oportunidades de mercado (Manzini y Vezzoli, 2003).

Los objetivos de diseño estratégico son variados, y van desde extensiones de productos hasta la innovación incremental y radical. Busca gestionar de la parte frontal difusa de la innovación mediante el uso de procesos, métodos y herramientas de planificación de productos prescriptivos.

Con el Diseño Estratégico concluye el estudio de las corrientes que dieron origen a los principios para el diseño y gestión de los sistemas de trabajo y que permiten tener mayor claridad sobre como llevar a cabo estos procesos de diseño de sistemas de trabajo, a partir de lo estudiado resulta difícil afirmar que método debe ser utilizado en cada caso, ya que desde el enfoque de sistemas alterar un elemento del mismo altera al resto de elementos en mayor o menor medida, es decir a pesar de que se ubique el campo de acción donde mejor se desempeña una de las corrientes, el impacto de su intervención puede terminar cambiando el sistema completamente. Una selección inicial puede partir del reconocimiento de las habilidades del equipo o analista que

llevará a cabo el diseño del sistema de trabajo, dada la formación de los involucrados, tendrán mayor noción y entendimiento de una u otra corriente; sin embargo, no es suficiente, por ello en este trabajo se realizará la selección de la corriente y su correspondiente método a partir de la consideración de las necesidades de la organización que será sujeta al estudio de caso, el alcance en términos de niveles del sistema que tiene cada corriente y los tipos de abordaje con los que actúan, de arriba hacia abajo, de abajo hacia arriba o ambos. A continuación se desarrolla el proceso para seleccionar la corriente y el método que atienda las necesidades planteadas por la empresa para llevar a cabo el diseño del sistema de trabajo.

2.5 Selección del método para el análisis y diseño del sistema de trabajo.

Las corrientes descritas anteriormente son alternativas para el diseño de sistemas de trabajo que buscan equilibrar los factores humanos con los técnicos, las cuales pueden complementar los enfoques puramente productivos, técnicos y tecnológicos, con los que típicamente se busca enfrentar los cambios impuestos a las organizaciones por factores externos. Las necesidades de cada organización suelen tener requerimientos específicos por cuestiones como la ubicación geográfica, el tipo de giro, el nivel de riesgo de sus procesos, la distribución de su infraestructura, el nivel de especialización de sus colaboradores, entre otras. Estas necesidades, sin embargo, pueden ubicarse en uno de los cuatro niveles en los que se divide un sistema de trabajo para su estudio (nivel primario de trabajo, nivel de sistema organizacional, nivel de sistema interorganizacional y nivel macrosocial), a partir del alcance de los cambios requeridos por la organización se puede guiar la selección de alguna de las cuatro corrientes que integran esta tesis. Cada corriente presenta cierta orientación sobre el nivel en el que actúa. La Ergonomía o Factores Humanos suele utilizarse para atender los niveles primarios de trabajo, opera con los puestos de trabajo y el diseño de detalle. Los Sistemas Socio-técnicos atienden los niveles organizacionales e interorganizacionales, operan con la administración de los subsistemas técnicos y sociales, identifica y formaliza las relaciones que deben tener entre ellos. La Macroergonomía al ser una corriente integrada por la ergonomía y los sistemas socio-técnicos, opera tanto con los puestos de trabajo y el diseño de detalle como con la administración de los subsistemas técnicos y sociales, es decir, tiene un alcance de los niveles primarios, así como de los niveles organizacionales e interorganizacionales. Por último, el Diseño Estratégico atiende

los niveles interorganizacionales y macrosociales, opera en la frontera entre el sistema de trabajo y el entorno, con la estrategia hacia los mercados, las jerarquías y las redes con otras empresas, clientes y proveedores.

El problema de investigación que se pretende abordar en este trabajo es probar si el diseño e implementación de un sistema de trabajo que procura el equilibrio de los factores técnicos y humanos, mejora el rendimiento global de una organización, por medio de un estudio de caso. Para ello se ha establecido contacto con una empresa que procesa hojas de vidrio para obtener piezas de vidrio arquitectónico y automotriz. Durante los primeros acercamientos con la empresa, han externado la necesidad de identificar oportunidades para mejorar las condiciones en los puestos de trabajo del área productiva, así como una preocupación por la administración de las operaciones, que presenta deficiencias por pérdida de información, que dificulta la comunicación entre las áreas de producción, ventas y embarques e impacta en las métricas de desempeño de la empresa como disminución en el nivel de servicio e impacto en la imagen comercial de la empresa. Esto se entiende como la necesidad de atender el nivel primario de trabajo y el nivel organizacional e interorganizacional de la empresa, por estas razones se considera pertinente seleccionar la corriente de Macroergonomía para el análisis y diseño de su sistema de trabajo, ya que es el enfoque que tiene el alcance de los niveles del sistema que se busca tratar por parte de la empresa, también es el método que cuenta con dos maneras de abordaje de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo por tales motivos se espera poder atender las necesidades organizacionales externadas por los directivos.

Cuando la selección del método resulta más compleja, se recomienda considerar algunos otros aspectos como la orientación, las prácticas y el valor de creación (ver Tabla 3) para determinar cuál es la opción adecuada para analizar, diseñar, rediseñar y administrar sistemas de trabajo según lo requiera el caso particular.

Tabla 3. Consideraciones para la selección del método para el análisis y diseño del sistema de trabajo.

Consideraciones	Disciplina			
	Ergonomía o Factores Humanos	Sistemas Socio-Técnicos	Macroergonomía	Diseño Estratégico
Orientaciones	Impulsada por demandas externas	Impulsada por demandas externas	Impulsada por Demandas externas	Proactiva
	Enfocado en la situación actual y la innovación incremental.	Enfocado en la situación actual y la optimización conjunta	Enfocado en la situación actual y la optimización conjunta	Centrarse en el futuro de la organización.
	Centrado en los problemas de usuario y usabilidad con respecto a la innovación del sistema de productos y servicios.	Centrado en la optimización conjunta del sistema socio-técnico	Centrado en la interface humano-organización busca la optimización conjunta del sistema socio-técnico	Enfocado en la innovación organizacional
	Contribuye al bienestar humano, físico y cognitivo	Contribuye a mejorar el sistema de trabajo	Contribuye a mejorar el sistema de trabajo	Contribuir a los objetivos comerciales
	Aborda un producto o	Aborda un sistema de trabajo existente	Aborda un sistema de trabajo existente y no	Se aplica a un producto o servicio

	servicio existente,	y no existente	existente	existente y no existente
Prácticas	Considera principalmente al usuario en proyectos de innovación	Considera las interacciones entre elementos del sistema de trabajo	Considera las interacciones mediadas por la interfase humano-organización	Considera principalmente el interés de la organización.
	Las actividades humanas son existentes y observables.	Actividades humanas integradas en el sistema de trabajo	Actividades humanas integradas en el sistema de trabajo	Actividades humanas integradas en los objetivos de la organización
Creación de valor	Rentabilidad a largo plazo	Rentabilidad a largo plazo	Rentabilidad a corto y largo plazo	Rentabilidad a corto y largo plazo
	Reducción de costos a través de la ergonomía correctiva	Reducción de costos al mejorar la interacción del subsistema social con el subsistema técnico	Reducción de costos al mejorar las estructuras y los procesos que constituyen el sistema de trabajo general	Maximización de ganancias a través de mayores ventas de productos y servicios innovadores

Nota. Adaptado de Liem y Brangier, (2015).

A partir de la síntesis de algunos aspectos considerados por las disciplinas previamente estudiadas, se entiende que el *Diseño Estratégico* se utiliza principalmente para desarrollar acciones futuras, y el foco de su actividad de diseño está en la frontera del sistema de trabajo, buscando mejorar la interacción principalmente con los usuarios finales de los productos o servicios, es decir, se enfoca en los aspectos comerciales y de innovación, lo que implica que su proceder es de arriba hacia abajo pero no de abajo hacia arriba. Una corriente equiparable a la actividad de diseño del Diseño estratégico es la Ergonomía prospectiva (Liem y Brangier, 2015) sin embargo, no tratan directamente el análisis y diseño para mejorar las estructuras y procesos del sistema de trabajo, más bien tratan de modificarlas por medio del planteamiento de estrategias para atender las necesidades actuales pero principalmente futuras, vislumbradas a partir de su interacción con el entorno externo.

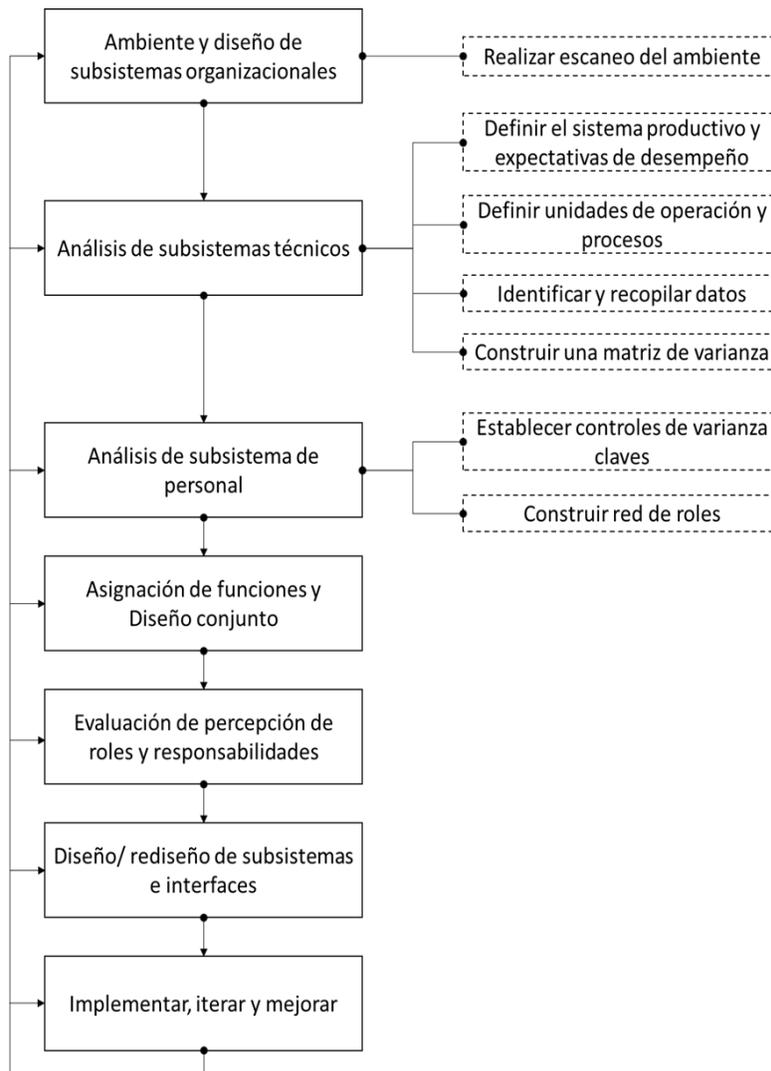
Por otro lado, la Macroergonomía desde su concepción integra la teoría de sistemas socio-técnicos con aspectos ergonómicos, su proceder es recursivo y en dos vías, de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, permitiendo identificar las variaciones significativas en distintos niveles de la organización que son las entradas para el proceso de diseño o rediseño a partir de la instrumentalización de los controles para la administración de las mismas. La noción de optimización conjunta que busca mejorar los aspectos sociales y técnicos de un sistema de trabajo complementado con un método detallado como es el Análisis y Diseño Macroergonómico (MEAD) son las razones que orientan la decisión para trabajar bajo este enfoque.

A continuación se definirá la metodología que guiará el proceso de diseño del sistema de trabajo en la empresa procesadora de vidrio, definiendo las herramientas que se utilizarán para obtener los resultados deseados en cada etapa del proceso.

Capítulo 3. Metodología de investigación.

Es apropiado aplicar el método de Análisis y Diseño Macroergonómico (MEAD) desarrollado por Hendrick y Kleiner (2002) de acuerdo con la revisión de literatura y metodologías para el diseño y gestión de un sistema de trabajo. El enfoque que se utilizará para producir el estudio de caso se desglosa en sus pasos individuales a continuación y está adaptado de Rivera (2013). Ver Figura 6.

Figura 6. Metodología de investigación para el caso de estudio.



Nota. Adaptado de Hendrick y Kleiner (2002). Por Rivera, L. (2013).

3.1 Ambiente y diseño de subsistemas organizacionales.

En esta etapa de la metodología se inicia con el primer paso del método MEAD, se realiza el escaneo del ambiente y los subsistemas, es una etapa crucial que servirá para enfocar el análisis a partir del planteamiento de la primera hipótesis o de un modelo de como debería ser idealmente el sistema o como los miembros de la organización desean que sea.

Paso 1. Escaneo del ambiente y los subsistemas organizacionales.

- a) La primera etapa de este proceso es escanear el ambiente en el que debe definirse la empresa, obteniendo una comprensión del entorno externo y sus diversos subambientes, incluidos el gobierno, las leyes, las empresas que operan en la misma industria, los clientes y la opinión pública.
- b) Por otro lado, se identifican las demandas y expectativas que los subambientes tienen sobre la organización y se hace un estudio de sus objetivos, misión y principios organizacionales para encontrar inconsistencias con los servicios y bienes que brinda.
- c) En la tabla propuesta por Robertson, Kleiner y O'Neill (2002), que es una adaptación de Groesbeck, Sienknecht y Mérida (1998), se concentra toda la información. En esta tabla se compara el estado del ambiente y el sistema actual contra el sistema deseado, contrastando los elementos: Misión; visión; objetivos (técnicos, sociales, de producto y de entrada); fronteras de rendimiento (territoriales, sociales, y de tiempo); expectativas del sistema en conjunto (estatal, del cliente y de la comunidad local); problemas presentes que se obtienen del análisis de los elementos previos, por último, a partir de los problemas presentes se desarrolla una primera hipótesis o escenario futuro de cómo debe operar el sistema y qué requerimientos se deben cubrir para que funcione de esa manera.

3.2 Análisis de subsistemas técnicos.

Esta etapa corresponde a los pasos 2, 3, 4 y 5 del método MEAD, se identifica el tipo de sistema productivo que permite llevar a cabo las operaciones de transformación dentro de la organización, también se debe identificar como evalúan el desempeño del sistema para establecer las expectativas de desempeño, se identifican las unidades operativas y los procesos de trabajo, se identifican y recopilan las variaciones, las cuales son las acciones o falta de estas que provocan un mal funcionamiento del sistema, finalmente esta etapa culmina con la construcción de una matriz de variaciones que permitirá evaluar cuáles de ellas son críticas.

Paso 2. Definición del tipo de sistema productivo y establecimiento de las expectativas de desempeño.

- a) El tipo de sistema productivo utilizado por la organización debe ser utilizado para definirla. Esta caracterización se realizará utilizando la clasificación genérica propuesta por Tejada (2011) basada en la estructura de los procesos. Se divide en cuatro tipos de producción: Producción por taller (sistema de producción intermitente), producción por lote (sistema de producción discontinuo), producción masiva (sistema de producción continuo) y procesos de flujos continuos (sistema de producción continuo).

Según Bellgran y Säfsten (2010, 38–43), un sistema de producción es un grupo organizado de personas, herramientas y procesos con el propósito de producir bienes o servicios utilizando una combinación de recursos (materiales, mano de obra y capital).

Tejada (2011) afirma que los sistemas de producción se pueden clasificar en función del diseño del equipo, las divisiones dentro de las instalaciones de fabricación o las características generales del sistema. Además, se tienen en cuenta una serie de parámetros que influyen en la clasificación, incluida la variedad de productos, los tipos de pedidos, la cantidad de ventas, el grado de incertidumbre de la demanda y la frecuencia de los pedidos. De acuerdo con esto, sugiere la siguiente clasificación genérica de los sistemas productivos basada en la estructura de los procesos:

- Producción por taller (sistema de producción intermitente): La fabricación se realiza por medio de lotes pequeños de productos, las máquinas se agrupan por procesos similares, no tienen un sistema secuencial entre ellos, se presenta

acumulación de inventario entre estaciones. En este tipo de sistema productivo se presenta un alto grado de complejidad y dificultades.

- Producción por lote (sistema de producción discontinuo): Es utilizado por empresas que producen un determinado producto a la vez. Este tipo de sistema de producción establece expectativas de rendimiento, ya que cada operación debe producir un número establecido de partes llamado lote, los productos no pueden avanzar al siguiente proceso hasta completar un lote. Los volúmenes de material en proceso son altos. La maquinaria está dispuesta para seguir un flujo continuo.
- Producción masiva (Sistema de producción continuo): El sistema de producción masiva, también conocido como producción en masa o en cadena, se caracteriza por la transformación del material y ensamble de forma continua, el cual sigue una ruta específica por medio de sistemas de movimiento de materiales que son dirigidos para conectar con los operadores que tienen una función específica y especializada en cada máquina o trabajo requerido
- Procesos de flujos continuos (sistemas de producción continua): Este tipo de sistema de producción está determinado en gran medida por la naturaleza del producto que se debe fabricar o procesar de forma continua, como productos químicos, aceites, líquidos, vidrio y acero.

b) Se identifican los criterios de rendimiento con los que cuenta la organización a partir de los siete criterios de desempeño propuestos por Sink y Tuttle (1989), que sirven para medir o evaluar el desempeño organizacional. Estos son:

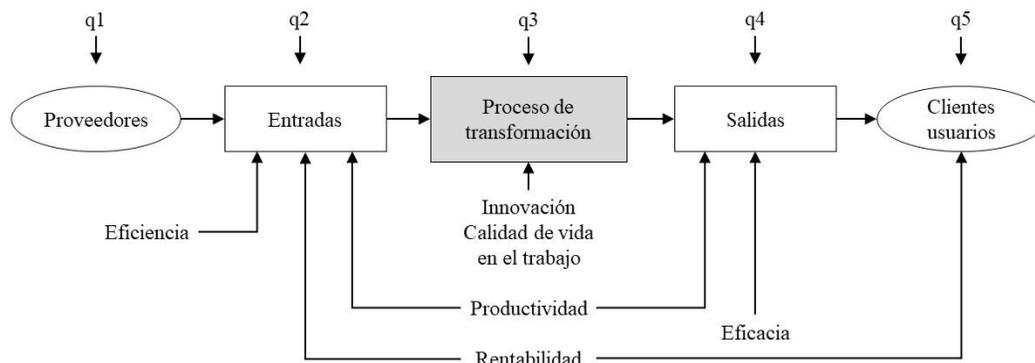
- El criterio de eficiencia, enfocado en las entradas o la utilización de los recursos.
- El criterio de efectividad, se centra en sí los objetivos se cumplen.
- Productividad, se operacionaliza como salidas/entradas, en otras palabras, la cantidad de productos o servicios que se han producido por cada uno de los recursos utilizados para su elaboración (mano de obra, tiempo, material, energía, capital, entre otros) dentro de un periodo de tiempo determinado.
- Calidad, engloba los distintos tipos de calidad, desde las medidas tradicionales de control de calidad aseguradas a través de la inspección de entradas y salidas respectivamente, sistemas completos como el movimiento de gestión de la calidad total (TQM, por sus siglas en inglés), programas para el desarrollo y certificación

de proveedores, control estadístico del proceso para monitorear la calidad en los procesos y también la calidad que tiene que ver con la satisfacción del cliente.

- Calidad de vida laboral, monitorea la percepción afectiva del ambiente de trabajo, incluye la seguridad, la relación entre la persona y su tarea, la interpretación del individuo de su rol en el lugar de trabajo y la interacción de ese rol con las expectativas de los demás.
- Innovación se refiere a los cambios creativos en el proceso o producto que dan como resultado mejoras en el rendimiento.
- Rentabilidad, es la capacidad que tiene el negocio para aprovechar sus recursos y generar ganancias o utilidades. Para las organizaciones sin fines de lucro, Sink y Tuttle (1989) introdujeron la "presupuestabilidad" o gastos relativos al presupuesto para reemplazar el criterio de rentabilidad.

La Figura 7 ilustra la ubicación de cada criterio.

Figura 7. Modelo de medición o evaluación del desempeño organizacional



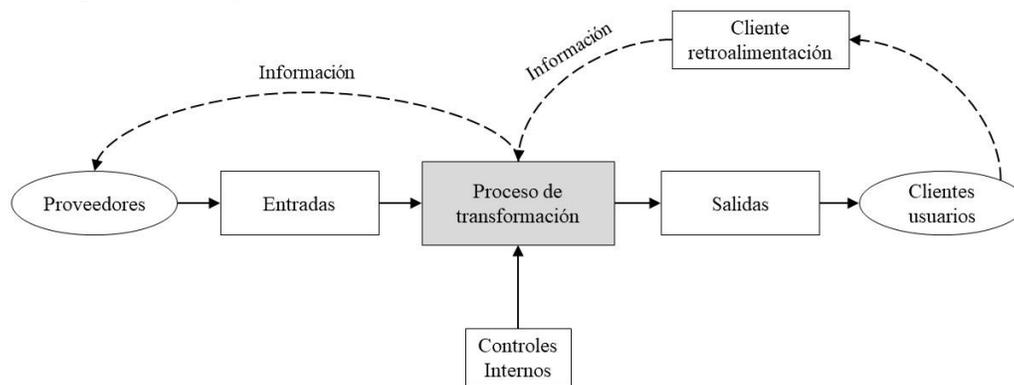
Nota. La letra “q” corresponde a los puntos de control de calidad. Adaptado de Sink y Tuttle (1989). Por Rivera, L. (2013).

Los criterios de desempeño de mayor relevancia para la organización se toman en cuenta para establecer las expectativas de desempeño.

Paso 3. Definición de las unidades de operación y los procesos de trabajo.

- Se utiliza un organigrama para representar la estructura jerárquica de la organización y se analizan los componentes del sistema que pueden regular los criterios de desempeño para lograr las metas predeterminadas. También se realiza el diagrama de flujo del proceso productivo general para detectar cualquier interrupción que impida el cumplimiento de los objetivos de desempeño (ver Figura 8).

Figura 8. Diagrama de flujo de sistemas.



Nota. Imagen Extraída de Rivera, L. (2013).

Paso 4. Identificación y recopilación de variaciones.

Las variaciones en los procesos son el resultado de las discrepancias entre las formas ideales y reales en que se deben llevar a cabo los procesos. Las variaciones se encuentran en las unidades de operación, estas también se pueden identificar como desviaciones estándar del proceso.

- a) En esta etapa se propone acotar el estudio a una unidad operativa cuyos criterios de rendimiento sean de interés para dos o más niveles de la estructura organizacional y tengan un efecto en el desempeño global de la organización. La selección de la unidad operativa se realizará a partir de la indagación que comprende el primer paso de la implementación.
- b) El estándar de proceso debe evaluarse después de que se haya elegido la unidad operativa para detectar cualquier variación o acción que difiera del procedimiento estándar en comparación con el proceso real. Las variaciones incluirán acciones que se realizan, pero no se deben realizar, así como acciones que no se realizan, pero se deben realizar.

Paso 5. Creación de una matriz de variaciones.

- a) Se utilizará la matriz propuesta por Nur y Suhardi (2021) para crear una matriz de variaciones. Las preguntas: ¿Tiene un impacto final significativo?, ¿Tiene numerosas relaciones con otras variantes?, y ¿Tiene un impacto significativo como variación única?, irán en el eje X de esta matriz, y las variaciones listadas en orden de aparición en el análisis del paso 4 irán en el eje Y. La severidad de las variaciones se estimará utilizando una escala *Likert* de cuatro puntos, donde cuatro es mucho, tres es suficiente, dos es poco y uno es cero, para calificar cada cruce.

- b) A partir de la valoración de las variaciones se identificarán las variaciones clave, que serán las calificadas con mayor puntuación y serán las causantes del resto de variaciones. Esto significa que el tratamiento de las variaciones clave debe solucionar o atenuar los efectos de las demás variaciones.

3.3 Análisis de subsistemas del personal.

Esta etapa se desarrolla el paso 6 del método MEAD, se crea una matriz con las variaciones evaluadas en el paso 5 que se identificaron como críticas o de mayor relevancia y que impiden el correcto funcionamiento del sistema para identificar o hacer las primeras propuestas para controlar esas variaciones ya sea con acciones, o con apoyos técnicos. También se crea una red de roles que puede funcionar como modelo hipotético para realizar la asignación de funciones y asignación de control de variaciones.

Paso 6. Creación de una tabla de control de variaciones clave y una red de roles.

- a) Las variaciones clave deben estar conectadas con una función que se relaciona con el rol de la persona encargada de controlarlas, así como con los requerimientos sociales y tecnológicos de esa persona. Las relaciones entre el encargado de controlar estas variaciones y los soportes técnicos, tales como instrumentos de medición, maquinaria, equipos auxiliares, entre otros, y los soportes sociales, tales como procedimientos, ayudas visuales, de capacitación y documentación, que sean necesarios para facilitar o mejorar el control se establecerán utilizando la tabla de variaciones clave (ver Tabla 4).

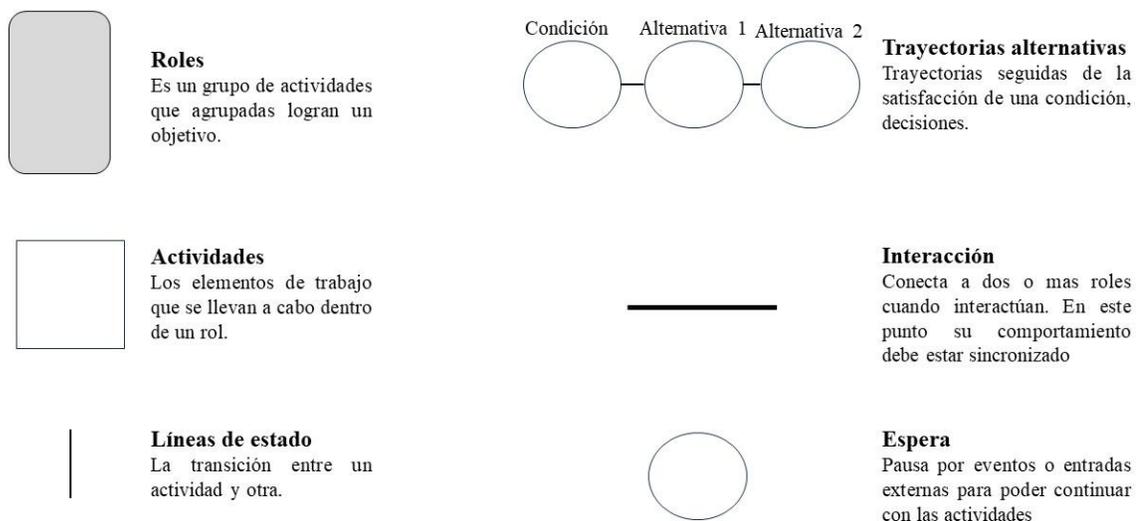
Tabla 4. Tabla de control de variaciones clave.

Variación clave	Unidad operativa	Responsable	Tareas de control	Apoyo técnico	Apoyo social
La temperatura del metal. Lámina	Metal Estampado	Operador	Directrices de proceso	Termómetro de temperatura digital Medición de temperatura	Procedimientos de medición
Presión sobre prensa	Metal Estampado	Operador	Verificar presión	Mejores visualizaciones de parámetros	Entrenamiento, procedimientos para ajustes

Nota. Adaptado de Blanco y Duggar (1998). Por Rivera, L. (2013).

b) La red de roles es una representación visual de cómo varias personas interactúan en el trabajo. Los participantes serán reconocidos en función de su vinculación con el rol central, que corresponde al responsable de regular la mayoría de las variaciones clave. El desarrollo de esta red permitirá definir con mayor precisión los mecanismos de control de las variaciones clave. Para la construcción de esta red se utilizará un Diagrama Rol Actividad (RAD, por sus siglas en inglés). El RAD, según Yousef, Odeh, Coward y Sharieh (2011), es una técnica fácil y directa para expresar visualmente modelos de procesos, que son cruciales para comprender y mejorar los procesos en sí mismos. Ould (1995) desarrolló las ideas fundamentales de RAD, donde los roles y sus interconexiones sirven como base de dichos modelos. Un rol es un conjunto de actividades relacionadas que pueden ser realizadas por una máquina, una persona o un grupo de personas. En consecuencia, un proceso modelado por RAD describe los roles del proceso y sus componentes asociados, como actividades, estados y eventos, así como las interacciones entre los roles de un proceso determinado. Las actividades representan elementos de trabajo, los estados representan la secuencia de actividades y los eventos son necesarios antes de que se puedan realizar las acciones. La Figura 9 muestra la simbología básica para la construcción de RAD.

Figura 9. Simbología utilizada en la creación de Diagramas Rol Actividad (RAD).



Nota. Adaptado de Flores, B. (2001).

3.4 Asignación de funciones y diseño conjunto.

Esta etapa corresponde al paso 7 del método MEAD, en este paso se debe comunicar el modelo hipotético resultante del paso 6 a los actores indicando las funciones que les corresponden y las variaciones que deben controlar. De esta manera se inicia el diseño conjunto con la participación de los involucrados para aprovechar la experiencia y conocimiento que tienen de sus actividades para diseñar en conjunto los mecanismos que les permitan controlar las variaciones que se les han asignado, a partir del diseño conjunto se deben identificar la necesidad de procedimientos, equipo o cambios como desplazamientos de maquinaria o infraestructura para comunicar estas necesidades con los mandos altos cuando la toma de decisiones salen de las competencias de los mandos medios.

Paso 7. Asignación de funciones y diseño conjunto.

- a) La asignación de funciones o tareas a personas, máquinas y sistemas informáticos debe realizarse con base en la definición de las unidades operativas, los controles de variación establecidos y la red de roles identificada. El objetivo es proponer un modelo hipotético que ayude a controlar las variaciones clave. La difusión del modelo hipotético se realizará por medio de una junta con los mandos altos de la organización y las personas que desempeñan las funciones dentro de la red de roles. Esto permitirá sentar las bases para el inicio de la implementación, comenzando con la elaboración del cronograma de las reuniones de diseño conjunto.
- b) Las necesidades identificadas en la tabla de variaciones clave (Tabla 4) se utilizarán para guiar el trabajo de diseño conjunto en sesiones breves. Las necesidades se traducirán en preguntas para que puedan ser atendidas en colaboración por los encargados de controlar las variaciones clave, las personas que interactúan con dichos encargados al desempeñar su rol, así como el líder del proyecto. Los resultados esperados son aquellos que se pueden instrumentalizar en formatos, procedimientos, ayudas visuales, equipos de soporte, medios de comunicación, es decir, aquellos que permitan construir la interfaz que ayude a controlar las variaciones clave.

3.5 Evaluación de percepción de roles y responsabilidades.

Esta etapa corresponde al paso 8 del método MEAD, en él se verifica si las personas han comprendido correctamente sus roles. Se indaga sobre la percepción del modelo en general y de las responsabilidades que les han sido asignadas o reducidas en algunos casos, a partir de ello se pueden tomar las medidas necesarias, si la percepción en general es buena se puede continuar sin problema a la siguiente etapa, de lo contrario se puede regresar a pasos anteriores para atender las causas que provocan inconformidad entre los involucrados y generar opciones, siempre y cuando se asegure el control de las variaciones clave.

Paso 8. Evaluación de comprensión de los roles y la percepción de las responsabilidades.

- c) Identificar las brechas entre la red de roles requerida y la red de roles percibida, se realizarán reuniones individuales con cada actor para discutir su percepción del rol que debe desempeñar y las responsabilidades asociadas a él. Los ajustes que se deben realizar pueden incluir desde capacitaciones hasta la creación de nuevos instrumentos e interfaces que faciliten la adopción del modelo propuesto.

En este paso es fundamental establecer un procedimiento para la difusión de los roles y sus funciones asociadas, así como realizar las reasignaciones y capacitaciones necesarias de los empleados. La decisión de asignación de roles en la etapa anterior debe ser validada con los actores de cada unidad operativa para evaluar la percepción de los roles y detectar discrepancias entre las responsabilidades establecidas y las esperadas. Para incentivar su aceptación, se deben realizar acciones para modificar los roles esperados y establecidos, así como para cerrar las brechas entre ellos.

3.6 Diseño y rediseño de subsistemas e interfaces.

Esta etapa corresponde al paso 9 del método MEAD, en este paso se generan los instrumentos que estén dentro del alcance del equipo de diseño o analista, para habilitar la interacción entre las personas y los departamentos o áreas, y entre las personas y los factores técnicos. Los instrumentos que se necesiten, pero escapen de las competencias del equipo de diseño o analista, deberán comunicarse a los mandos altos para que tomen las decisiones que consideren

pertinentes y que deberán estar listas para su ejecución durante la siguiente etapa. Idealmente en esta etapa deberían resolverse todos los ajustes organizacionales, técnicos y de infraestructura.

Paso 9. Diseño o rediseño que soportan los subsistemas e interfaces.

En esta etapa se trabajan temas que quedaron sin resolver en etapas anteriores, en su mayoría como resultado de la falta de autoridad para implementar reformas específicas. Si es el caso, se debe solicitar el apoyo de los mandos altos facultados para tomar decisiones que impliquen cambios en la infraestructura, paros temporales de las operaciones o inversiones para adquisición de máquinas, equipos o herramientas.

- a) Verificar las medidas creadas en los pasos anteriores, se examinan todas las especificaciones funcionales de las unidades operativas y sistemas de información. Esto facilitará la detección de errores u omisiones que se hayan podido cometer en los procesos anteriores a la puesta en práctica del diseño.
- b) Realizar experimentos para verificar si las herramientas creadas en etapas anteriores funcionan para controlar las variaciones clave y realizar los ajustes necesarios según se requiera.

3.7 Implementar, iterar y mejorar.

Esta etapa corresponde al paso 10 del método MEAD, si en la etapa anterior quedaron habilitados los instrumentos e infraestructura necesarios para controlar las variaciones, en esta etapa se debe ejecutar el modelo hipotético ya aprobado y dominado por los involucrados para poder identificar si se requiere ajustar alguno de los instrumentos o si surgen nuevas variaciones a partir de esto inicia el proceso de iteración hasta lograr un funcionamiento correcto del modelo que en ese momento pasará a formar parte del sistema. Se sugiere monitorear el nuevo sistema durante un mes constantemente, al menos una vez por semana, para verificar si los roles ejecutan correctamente sus funciones y controlan las variaciones asignadas, si se detecta alguna desviación, el periodo de monitoreo debe extenderse, si todo se ejecuta correctamente la verificación puede realizarse con menor regularidad dos veces por mes y así hasta que la forma de trabajo se haya asimilado.

Paso 10. Implementación, iteración y mejoramiento del sistema.

- a) Los actores que forman parte del modelo establecido, los líderes de área, los mandos medios y altos integrantes del sistema productivo, serán convocados en una reunión para llevar a cabo la puesta en marcha de la implementación.
- b) Las funciones, roles y actividades creadas a lo largo de las etapas de diseño serán monitoreadas durante la ejecución del modelo, verificando que se cumplan correctamente.
- c) La operación del sistema permitirá la identificación de áreas potenciales de mejora que deben abordarse a través de un proceso iterativo continuo, hasta alcanzar el nivel requerido de rendimiento del sistema de trabajo.
- d) Como proceso iterativo, la implementación o administración del sistema permitirá volver a cualquier punto del proceso para realizar las modificaciones o mejoras necesarias.

La metodología de trabajo definida para esta etapa de investigación, se basa en el método de *Análisis y Diseño Macroergonómico* (MEAD), el objetivo es probar si la metodología funciona para analizar, diseñar y administrar sistemas de trabajo con los que una organización pueda incrementar las medidas de desempeño de sus operaciones y tener un equilibrio entre los factores humanos y técnicos.

Capítulo 4. Implementación del método Análisis y Diseño Macroergonómico (MEAD). El caso empresa procesadora de vidrio.

En este capítulo se implementa el método de *Análisis y Diseño Macroergonómico* (MEAD) en una empresa procesadora de vidrio con el objetivo de analizar el sistema de trabajo y realizar propuestas de diseño o rediseño que mejoren el desempeño organizacional y las condiciones de trabajo de los empleados de la empresa. El caso de estudio se elaborará de acuerdo con la metodología de investigación descrita en el Capítulo 3. En cada etapa se detallarán los hallazgos más importantes durante la aplicación, así como las conclusiones correspondientes.

4.1 Ambiente y diseño de subsistemas organizacionales.

En esta etapa se desarrolla el primer paso del Método MEAD. Se analizan los subsistemas organizacionales y el ambiente de la empresa procesadora de vidrio.

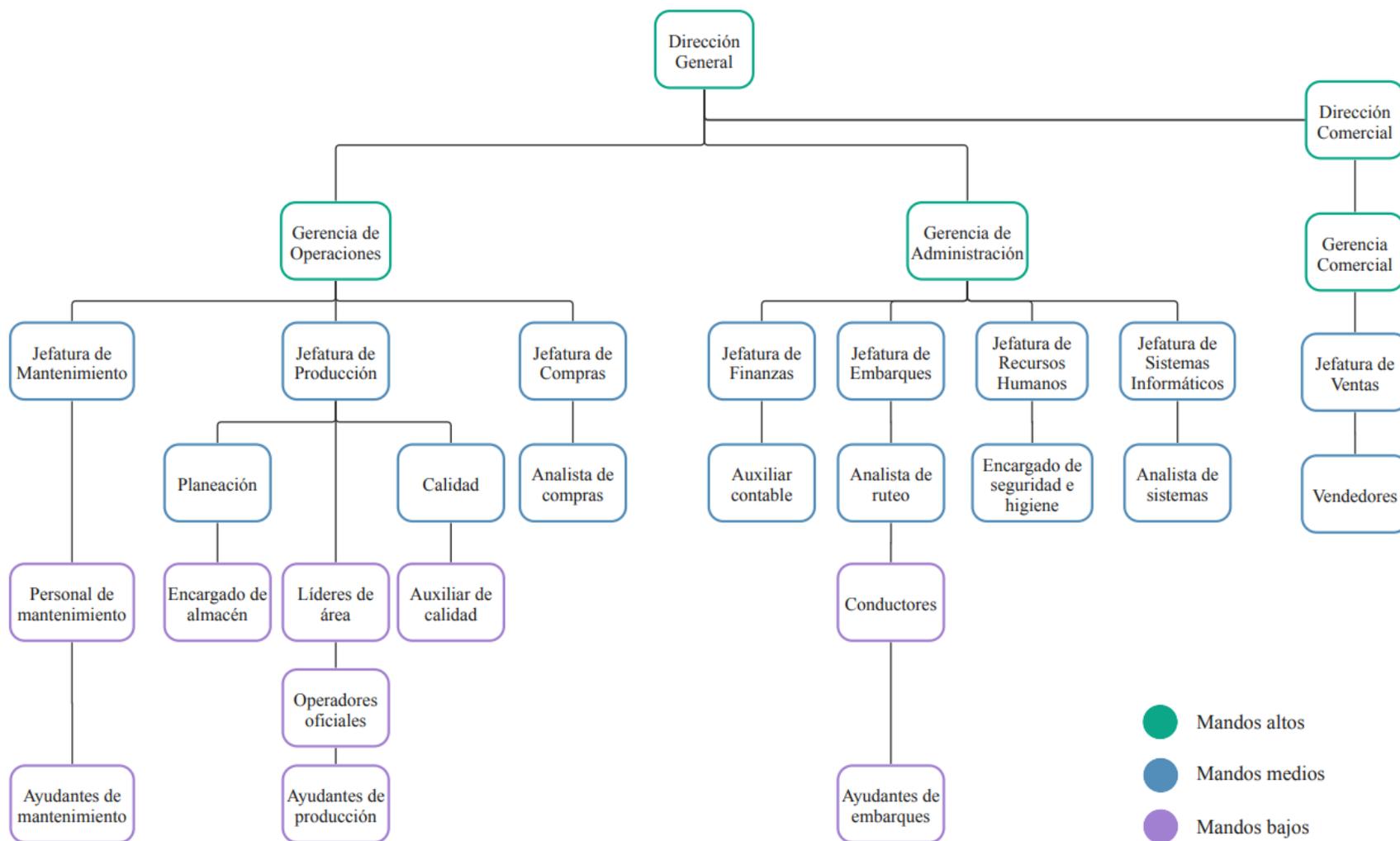
Paso 1. Escaneo del ambiente y los subsistemas organizacionales.

- a) Definir la organización, sus alcances y competencias.

La fábrica se ubica al norte de la Ciudad de México, es una empresa dedicada al procesamiento de vidrio arquitectónico y automotriz. Una empresa familiar mexicana que cuenta con 56 años en el mercado del procesamiento y comercialización de vidrio. Emplea aproximadamente a 150 personas, situándola en la categoría de mediana empresa.

Es una industria secundaria dedicada al procesamiento de hojas de vidrio. Para sus procesos emplea tecnología adaptada, es decir, maquinaria semiautomática y automática de diversos proveedores; y sus departamentos están organizados jerárquicamente en seis niveles, con mandos altos (directivos y gerentes); mandos intermedios (jefaturas y jefes de área); y mandos bajos (operadores líderes, operadores oficiales y ayudantes) ver Figura 10.

Figura 10. Estructura jerárquica de la Empresa.



Nota. La imagen muestra el organigrama general de la empresa procesadora de vidrio. Elaboración propia.

b) Comprender el ambiente y los subsistemas organizacionales.

La primera etapa del análisis del sistema de trabajo implica explorar el entorno, seguido por el sistema organizacional y sus subsistemas, para identificar y evaluar la naturaleza y la magnitud de la brecha que existe entre las características que la organización afirma como definitorias y su identidad real, basada en el análisis del comportamiento organizacional.

La Tabla 5 tomada de Robertson, Kleiner y O'Neill (2002), ofrece un resumen de la fase inicial, incluye datos recopilados tanto de fuentes primarias (consultas directas a los miembros de la organización) como de fuentes secundarias (sitio web de la empresa y observaciones de campo).

Tabla 5. Análisis ambiental y del sistema.

Análisis ambiental y del sistema		
Elementos	Actual	Deseado
Misión	Cuarto lugar en sitios web entre los diez principales proveedores de vidrio templado en la Ciudad de México. El ambiente de trabajo está calificado en 4.3 de 5 en portales de empleo.	Ser líderes en el recubrimiento de vidrio, aluminio y componentes, superando las expectativas de los clientes, innovando en nuestra industria y generando un excelente ambiente de trabajo.
Visión	Los vidrios templados tienen una gran aceptación en las diferentes ramas productivas, como son la automotriz, industrial, residencial y en el ramo arquitectónico; son reconocidos por su calidad en el mercado.	Lograr desarrollar a nuestros clientes, colaboradores y proveedores con productos de alta calidad y excelencia en el servicio.
Objetivos		
Técnicos	Obtener ganancias, cumplir en tiempo y forma con los clientes, reducir costos, optimizar recursos.	-Automatización de procesos -Incursionar en nuevos mercados (vidrio para telefonía celular, paneles solares).

		-Cambio de sistema informático para la administración de la organización.
Social	Cubrir las vacantes faltantes, evitar la rotación de personal, evitar la interrupción del suministro de materiales. Forman parte de agrupaciones del ramo de vidrio.	Desarrollar la cooperación entre empleados y actores externos. Mejorar la colaboración de las agrupaciones del ramo vidriero. Altos niveles de calidad y seguridad
Productos	Vidrio templado, vidrio laminado, vidrio curvo, para los sectores automotriz, residencial, arquitectónico e industrial.	Vidrio templado para sector de telefonía celular y paneles solares. Vidrios de seguridad que cumplan con la NOM-146-SCFI-2016 y el PROY-NOM-115-SCFI-2001
Entradas	Hojas de vidrio sin procesar, componentes del producto (bagaeta de aluminio, película plástica, pinturas para serigrafía, silicón), consumibles (herramientas de corte y desbaste, solventes, trapo, equipo de protección personal).	Abasto de materiales y equipo garantizado por los proveedores certificados. Desarrollo de proveedores para disminuir importaciones de vidrio especializado.
Fronteras		
Rendimiento	Proveedores, productos listos para embarque, clientes, normativa mexicana	Estabilidad de los precios de compra en materiales y equipo. Recepción del producto inmediata por parte del cliente. Apoyo gubernamental en forma de programas de capacitación y apoyo económico durante la transición hacia la adopción de nuevos requerimientos normativos

Territorial	1 planta, 1 distribuidora	Establecer vínculos con la Universidad cercana para que se realicen prácticas profesionales e investigación
Social	Empleados, Clientes, Proveedores	Comunicación efectiva entre los actores que permita reducir impactos económicos e interrupciones en las cadenas de suministro.
Tiempo	Año fiscal, por proyecto	Crecimiento organizacional a 5 años
Expectativas		
Sistema en conjunto	Cumplir con los clientes, no interrumpir el trabajo. Recolección de información de primera mano.	Colaborar para aumentar capacidades, dar seguridad. Flujo de información efectiva. Optimizar los recursos de la organización para incrementar el rendimiento.
Sistema Estatal	Cumplir con las regulaciones, evitar penalizaciones.	Cooperación con el gobierno y la industria de vidrio para el desarrollo de nuevas regulaciones de seguridad y calidad de los productos.
Sistema del cliente	Productos bajo pedido con las especificaciones del cliente, Política de calidad basada en PROY-NOM-115-SCFI-2001 y NOM-146-SCFI-2016, las garantías se aplican conforme a los contratos y el cumplimiento de dichos lineamientos.	Proporcionar productos de la mejor calidad en el mercado que satisfagan las necesidades del cliente. Recomendación boca a boca que el cliente nos recomiende. Establecer relaciones comerciales de larga duración con nuestros clientes.

Sistema de la comunidad local	Trabajos, orgullo en la comunidad, mano de obra.	Contrato, ganancias, trabajos, orgullo, seguridad, mano de obra, cooperación,
Problemas presentes	<p>Falta de cooperación y relaciones con el entorno interno y externo.</p> <p>Flujos de información interrumpidos, se requiere recolectar información de primera mano.</p> <p>La falta de información impacta a los actores de frontera (proveedores, clientes y embarques) dificultando la adquisición y distribución de productos, también impacta el entorno interno (compras, planeación, almacén, producción) que busca la optimización de los recursos.</p>	
Escenario futuro	<p>Real: Los mecanismos para la transmisión de información son deficientes en el entorno interno y externo de la organización. Sin embargo, el interés en la optimización de recursos está presente en distintos niveles, por lo cual mejorar los sistemas de información que permitan optimizar los recursos serían prioritarios.</p>	<p>Ideal: Diseñar los mecanismos que permitan el flujo efectivo de información en los distintos niveles del entorno interno y externo que permitan optimizar los recursos para incrementar el rendimiento de la organización.</p>

Nota. Tabla adaptada de Robertson, Kleiner y O'Neill (2002), basada en Groesbeck, Sienknecht y Mérida (1998).

El resumen de la tabla 5 muestra las discrepancias que existen entre el sistema deseado y el que tiene la organización actualmente, principalmente en los objetivos (técnicos y sociales), en las fronteras (sociales) y en las expectativas (sistema en conjunto y el sistema estatal), sin embargo, la preocupación actual de la empresa, se enfoca en diseñar los mecanismos que permitan el flujo efectivo de información en los distintos niveles del entorno interno y externo, la prioridad son aquellos mecanismos que favorezcan la optimización de los recursos para incrementar el rendimiento de la organización. En los siguientes apartados se estudian con mayor profundidad las causas que impiden al sistema ejecutarse de acuerdo con las expectativas de los miembros de la empresa.

4.2 Análisis de subsistemas técnicos.

En esta etapa se desarrollan los pasos 2,3,4 y 5 del método MEAD. Se define el sistema productivo con el cual opera la empresa, se establecen las expectativas de desempeño del sistema deseado, se identifican las unidades operativas y los procesos de trabajo, se identifican las variaciones, adicionalmente se ha decidido aplicar la ecuación NIOSH para evaluar la actividad de liberación de cabezales que corresponde a una de las variaciones identificadas, esta etapa termina cuando se crea la matriz de variaciones.

Paso 2. Definición del tipo de sistema productivo y establecimiento de las expectativas de desempeño.

a) Tipo de sistema productivo.

A continuación, se listan algunas de las características relevantes del sistema de producción de la empresa que permiten ubicarlo como un sistema de producción intermitente de acuerdo con la clasificación de Tejeda (2011) (ver apartado 3.2):

- Trabaja bajo pedido: Solo se produce la cantidad de vidrios solicitados por el cliente, la acumulación de inventario es nula.
- Las máquinas están agrupadas por procesos similares, se pueden ubicar el área de corte, tratamiento de cantos, taller, serigrafía, área de templado, laminado, insulado y esmerilado, dedicadas al procesamiento de vidrio arquitectónico, y se ubica como área automatizada al conjunto de máquinas dedicadas al procesamiento de vidrios para dicho sector.
- Se encuentra inventario entre estaciones esperando su procesamiento.
- El sistema presenta un alto grado de complejidad dada la gran variedad de especificaciones que los productos pueden requerir, esto desencadena la reacción y gestión en cortos periodos de tiempo por parte de los distintos departamentos, tanto administrativos: Dirección, Finanzas y Compras como operativos: Planeación, Producción, Almacén y Embarques, es decir, se requiere gestionar un gran número de actividades donde interactúan todos los departamentos de la organización. Las

dificultades son de distinta naturaleza, desde el incumplimiento de los proveedores en la entrega de materiales, falta de información por parte del cliente, cancelación de pedidos en proceso, líneas desbalanceadas que provocan saturación de material en la planta, roturas, reprocesos y falla de máquinas, entre otras, que interrumpen el flujo de trabajo afectando el desempeño global de la organización.

A partir de la clasificación de los sistemas productivos mencionada y tomando en consideración las características del sistema de producción de la empresa, se puede decir que dicha organización trabaja con un sistema de producción intermitente, sin embargo, la naturaleza del producto requiere que el procesamiento siga una secuencia determinada, siendo la única diferencia relevante entre el sistema genérico descrito por Tejeda (2011) y el sistema bajo el cual opera la organización procesadora de vidrio.

b) Definición de las expectativas de rendimiento

El desempeño organizacional de la empresa se mide y evalúa por medio de los criterios de: Efectividad, el indicador asociado a este criterio es llamado “Nivel de servicio” muestra en porcentaje el nivel de cumplimiento de los pedidos en tiempo. Calidad, se emplean prácticas de inspección visual y pruebas destructivas con el fin de cumplir con las normas PROY-NOM-115-SCFI-2001 y NOM-146-SCFI-2016, el indicador de producto no conforme contabiliza el número de rechazos o vidrios que no cumplen con las especificaciones establecidas, además se tiene presente la satisfacción del cliente dando seguimiento a reclamos por medio de visitas y entrega de reportes técnicos. Productividad, los recursos que se utilizan para la medición de este criterio son mano de obra contra tiempo, por ejemplo metros cuadrados de corte por hora, metros lineales de tratamiento de canto por hora, es decir, la organización ha establecido estándares de productividad para monitorear este criterio. Eficiencia dentro de la utilización de los recursos se cuenta con el indicador de aprovechamiento de hojas de vidrio expresado en porcentaje, el cual es obtenido por medio de un software. Dentro de la organización podemos distinguir al menos cuatro de los siete criterios para la medición y evaluación del desempeño al analizar el sistema productivo.

Durante la indagación, diversos niveles han externado la importancia que tiene aprovechar el material, esto se puede traducir como que existe un interés por atender el criterio de eficiencia que evalúa el rendimiento de los recursos, por tal motivo las expectativas de rendimiento

inicialmente se establecen sobre este criterio que es de interés para las áreas directivas, productivas y comerciales.

Paso 3. Definición de las unidades de operación y procesos de trabajo.

La empresa cuenta con ocho unidades de operación que componen su sistema de producción en el área de vidrio arquitectónico, estas son:

- Corte.
- Tratamiento de cantos.
- Taller.
- Serigrafía.
- Templado.
- Esmeril.
- Laminado.
- Insulado.

El área automotriz cuenta con dos líneas las cuales son:

- Tratamiento de cantos.
- Corte con chorro de agua.

Comparte unidades de operación con el área arquitectónica como son: corte, templado y serigrafía.

a) Diagrama de flujo de los procesos técnicos.

De acuerdo con Robertson, Kleiner y O'neill, las operaciones unitarias son agrupaciones de pasos de conversión que juntos forman una pieza completa de trabajo y están limitadas de otros pasos por límites territoriales, tecnológicos o temporales. Las operaciones unitarias a menudo se pueden identificar por su propio subproducto distintivo y, por lo general, emplean de 3 a 15 trabajadores. También se pueden identificar por interrupciones naturales en el proceso, es decir, límites determinados por cambios de estado (transformación) o cambios reales en la ubicación de la materia prima (entrada) o almacenamiento de material (2002, 73).

Las operaciones unitarias en la empresa se pueden identificar por el tipo de producto dedicado a un sector, como el vidrio arquitectónico y el vidrio automotriz; las áreas antes mencionadas

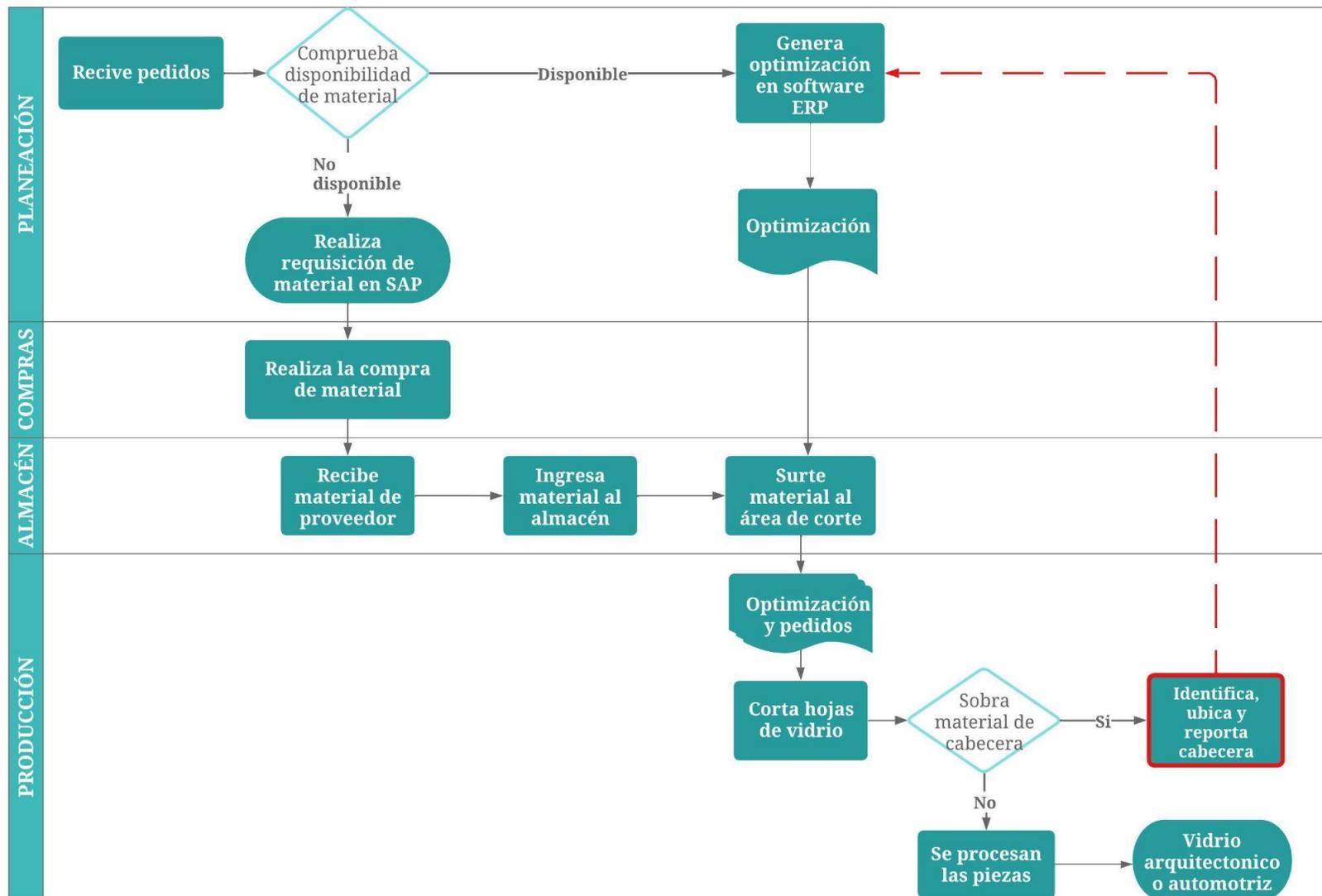
pueden luego ser segmentadas en operaciones unitarias que determinan un cambio de estado o procesamiento de las hojas de vidrio de varios tamaños. En el área de vidrio arquitectónico existen ocho unidades operativas: corte, tratamiento de cantos, taller, serigrafía, templado, esmerilado, laminado e insulado (es un arreglo que consiste en ensamblar dos vidrios por medio de un marco de aluminio y sellado con silicona dejando una cámara interna). El área automotriz se divide en dos líneas: tratamiento de cantos y corte por chorro de agua, y comparte unidades operativas con el área de arquitectura, incluyendo corte, templado y serigrafía.

A continuación, se hace una descripción general del flujo de trabajo en el área de producción, ya que es el área donde se han identificado cuatro de los siete criterios para medir y evaluar el desempeño de una organización. Las actividades administrativas y de ventas interactúan con el sistema de producción al proporcionar entradas en forma de órdenes de fabricación y salidas al entregar el producto terminado al área de embarques.

Tal como se indica en las características del sistema de producción, la empresa opera bajo pedido; es el insumo que llega físicamente en forma de documentos e inicia el flujo de trabajo en el área de producción donde, antes de llegar a las unidades operativas, los pedidos son revisados por el área de planificación para organizarlos según el tipo de producto y el tipo de vidrio, determinando así el número de pedidos que se pueden fabricar en función de la cantidad de material disponible.

Una vez organizados los bloques de pedidos, se utiliza un software para optimizarlos, dando como resultado un documento con un número de referencia que contiene el número de hojas requeridas y los planos de corte. Este documento se utiliza para solicitar el material al almacén. Luego, el encargado del almacén entrega las hojas de corte, junto con la optimización y los pedidos que acompañarán a sus correspondientes piezas durante todo el proceso de fabricación hasta que sean entregadas al área de embarque como producto terminado, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Flujo general de trabajo del área de producción.



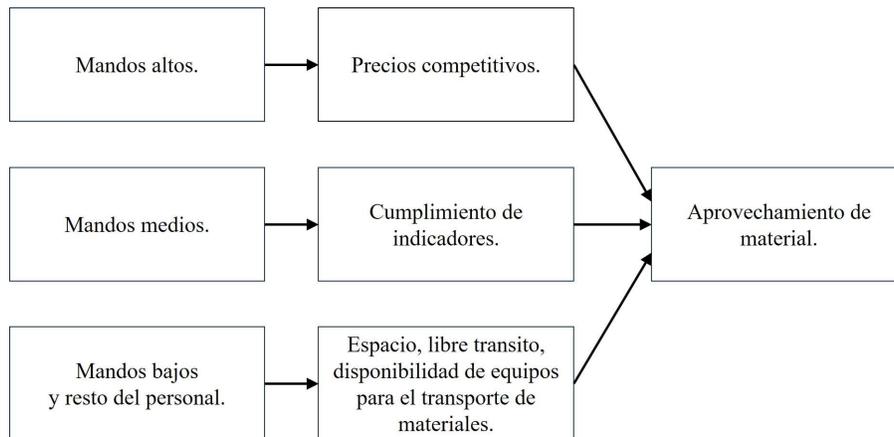
Nota. El diagrama representa el proceso general determinado a través de consultas con varios niveles de la organización; el flujo rojo indica una parte del proceso que no se está cumpliendo. Elaboración propia.

Paso 4. Identificación de variaciones.

a) Identificación del criterio de evaluación del desempeño relevante en distintos niveles de la organización.

Se consultó a los actores de diferentes niveles jerárquicos acerca de sus expectativas sobre el funcionamiento del sistema de trabajo con el fin de limitar la identificación de variaciones. A partir de esta información, se identificó directa e indirectamente una preocupación compartida por todos los niveles, y tiene que ver con el criterio de eficiencia, uno de los siete criterios para medir y evaluar el desempeño de una organización que corresponde al uso del material (ver Figura 12).

Figura 12. Relación del aprovechamiento del material en distintos niveles.



Nota. El diagrama muestra el interés que tienen distintos niveles de la organización por el uso adecuado de las hojas de vidrio que es la materia prima en la empresa. Adaptado de Rivera (2013).

Los mandos altos esperan que el sistema de trabajo fabrique productos de calidad y cumpla con los plazos de entrega al cliente, además de poder ofrecer un precio competitivo en el mercado, mencionan que el precio de los productos está directamente relacionado con el aprovechamiento del material; cuanto menos desperdicio, mejor precio se puede ofrecer al cliente.

Para los mandos medios, sacar el mejor provecho del material es una tarea asignada y una métrica que se monitorea constantemente. Los integrantes de este nivel consideran que el sistema de trabajo debe aprovechar mejor los materiales, en particular las cabeceras (los pedazos sobrantes de las hojas completas se conocen en la empresa como cabeceras).

Por su parte, los mandos bajos perciben una mala administración de las cabeceras a partir de una serie de dificultades que enfrentan constantemente, como son: El crecimiento de un almacén temporal de cabeceras que obstruye las vías de tránsito, dificulta las maniobras y traslado de vidrio entre las áreas de vidrio arquitectónico, vidrio automotriz, corte y templado, también provoca el mal uso de carros destinados para el transporte de materiales que se utilizan para colocar cabeceras viéndose obligados a desocupar carros que tienen cabeceras para poder entregar el material terminado a la siguiente área, esto provoca un incremento del trabajo en forma de maniobras no consideradas.

b) Identificación de variaciones en el proceso de gestión de cabeceras.

A partir del descubrimiento de un interés compartido, el análisis se centrará en el criterio de aprovechamiento del material, particularmente en el manejo de las cabeceras. Las áreas de *Planeación* y de *Corte* son las dos unidades operativas que están directamente relacionadas con el aprovechamiento del material y gestión de cabeceras. El proceso deseado se utilizará para identificar las variaciones de estas dos unidades operativas. Ver tabla 6 y 7.

Tabla 6. Identificación de variaciones en la unidad de proceso Planeación de la Producción.

Unidad operativa	Proceso deseado	Variación
Planeación de producción	Programar primero el corte de cabeceras.	Se programa primero el corte de hojas.
	Seleccionar cabeceras disponibles de una base de datos.	No se tiene base de datos, el optimizador busca cabeceras en el almacén temporal.
	Indicar la ubicación de la cabecera programada para corte.	No hay ubicaciones, el optimizador le señala la cabecera al personal de corte.
	Dar de alta las cabeceras que entran al almacén temporal.	No se cuenta con información en tiempo real.
	Dar de baja las cabeceras que salen del almacén temporal.	No se cuenta con información en tiempo real.

Tabla 7. Identificación de variaciones en la unidad de proceso Corte

Unidad operativa	Proceso deseado	Variación
Corte	Tomar cabeceras para corte antes de tomar hojas.	Se utilizan primero las hojas.
	Identificar cabeceras.	No se identifican las cabeceras.
	Ubicar cabeceras en un almacén temporal en el área de producción.	No hay ubicaciones claras.
	Reportar las cabeceras que entran al almacén temporal.	No se reportan las cabeceras que entran al almacén temporal.
	Reportar las cabeceras que salen del almacén temporal.	No se reportan cabeceras que salen del almacén temporal.
	Utilizar carros para material que será procesado.	Se utilizan carros para colocar cabeceras.
	Mantener al mínimo el almacén de cabeceras.	Almacén de cabeceras crece.

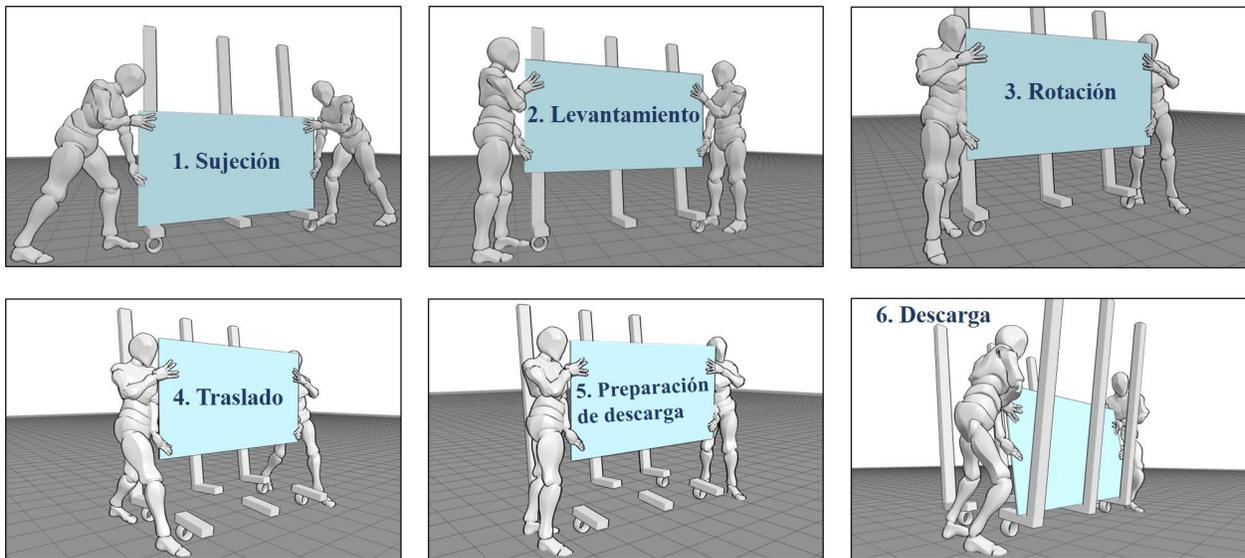
Las variaciones detectadas en la gestión de cabeceras son:

1. No hay una base de datos de las cabeceras que están en el almacén temporal.
2. Se optimizan primero las hojas en lugar de las cabeceras.
3. Liberar una cabecera requiere de muchos movimientos.
4. La manera de reportar el alta o baja de una cabecera no está establecido.
5. No se tiene señalización en la zona para ubicar cabeceras.
6. La zona para ubicar las cabeceras está saturada.
7. Se colocan cabeceras en carros destinados para el traslado de materiales.
8. La zona para ubicar cabeceras obstruye el tránsito para el área automotriz y uno de los hornos.

4.2.1 Evaluación de la actividad para liberación de cabeceras con el método NIOSH.

Dentro de las variaciones detectadas, se encuentra la actividad de liberación de cabeceras, la cual consiste en realizar una serie de movimientos de carga y descarga de piezas de vidrio plano (ver Figura 13). Por ello, se considera pertinente evaluar la posibilidad de aparición de trastornos como lumbalgias o problemas de espalda.

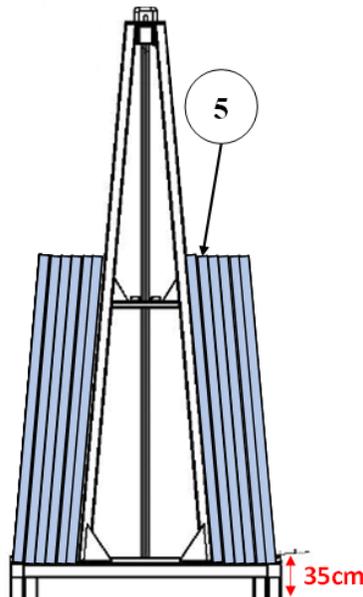
Figura 13. Liberación de cabeceras.



Nota. La imagen muestra el proceso de traspaleo para liberar cabeceras que consiste en las seis acciones, sujeción, levantamiento, rotación, traslado, preparación para la descarga y descarga. Imagen propia. Realizada con la herramienta web Posemyart.

La frecuencia de esta actividad depende de la posición en la cual se encuentre la cabecera, es decir, si la pieza requerida se encuentra en el número de pila 5 (ver Figura 14) la actividad de traspaleo se repetirá 4 veces para llegar a la pieza y el quinto movimiento será para colocar la pieza en la mesa de corte. Dadas las características de la actividad en cuestión, donde dos personas traspasan vidrio de un carro a otro o de un caballete a otro y consiste en el ascenso y descenso de la carga con un desplazamiento limitado a un par de pasos, el método NIOSH es el indicado para realizar la evaluación.

Figura 14. Caballete con cabeceras apiladas.



Nota. La imagen señala la posición de pila cinco de una cabecera, numerada a partir de la pieza que se encuentra encima hasta la posición número cinco. Imagen propia.

En 1981, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU.) creó un método para evaluar la gestión de la carga de trabajo. Se compone de una ecuación que evalúa las cargas máximas permitidas para determinadas tareas. Para tener en cuenta nuevos factores, como el manejo asimétrico de la carga, la duración de la tarea, la frecuencia de levantamiento y la calidad del agarre, esta ecuación se modificó en 1991. Como resultado, se corrigió el método de evaluación de riesgos, introduciendo la idea de “Índice de Levantamiento” y se describieron las restricciones para su aplicación (Combarros, 2013).

El método tiene como objetivo evitar o minimizar las molestias en la parte baja de la espalda de los trabajadores, así como otros problemas musculoesqueléticos provocados por el levantamiento de cargas, como el dolor de brazos y espalda.

El método NIOSH implica determinar un índice de elevación (LI), que ofrece una evaluación comparativa del grado de riesgo relacionado con una operación de elevación manual específica. Además, permite examinar diferentes tareas de levantamiento mediante el cálculo de un índice de levantamiento compuesto (ILC), en el que los factores multiplicadores de la ecuación de NIOSH pueden cambiar según la actividad. (Combarros, 2013).

Para poder aplicar el método es crucial conocer la terminología y definiciones (ver Tabla 8) necesarias para determinar los valores de los diferentes multiplicadores.

Tabla 8. Terminología y definiciones de la ecuación NIOSH.

Terminología	Definición
Tarea de levantamiento	El proceso de mover verticalmente un objeto de tamaño y masa definidos usando ambas manos y sin el uso de una máquina.
Posición del cuerpo neutral	Cuando las manos están inmediatamente frente al cuerpo, hay muy poca rotación del torso, las piernas y los hombros.
Peso de carga (L)	Peso del contenedor y del objeto a izar.
Ubicación horizontal (H)	La distancia entre la mitad de los tobillos y las manos.
Ubicación vertical (V)	El punto final del levantamiento, mida la distancia entre las manos y la superficie del piso.
Distancia vertical de recorrido (D)	La cantidad exacta de la diferencia de altura vertical entre el origen y el destino del levantamiento.
Ángulo de asimetría (A)	La distancia angular, expresada en grados, que recorre un objeto frente al cuerpo del trabajador al comienzo o al final del levantamiento.
Frecuencia de levantamiento (F)	Ascensos por minuto en promedio durante un período de 15 minutos.
Duración de levantamiento	La distribución del tiempo de trabajo y el tiempo de recuperación define tres duraciones de elevación: corta (una hora o menos); moderada (entre una y dos horas); y largo (menos de ocho horas).
Clasificación de acoplamiento (C)	El grado de acoplamiento entre la mano y el objeto, que puede ser bueno (tomar un asa), regular (tomar el fondo de una caja) o malo (tomarlo por los lados).
Control significativo	El levantamiento que tiene como requisito un traslado preciso de la carga al sitio deseado.

Nota. Terminología y definiciones necesarias para obtener el valor de cada multiplicador. Por Prado, L. (2021), Ergonomía y Lumbalgias Ocupacionales.

La ecuación.

La ecuación está compuesta por una constante de carga y los correspondientes multiplicadores. Los multiplicadores se expresan como coeficientes, y su operación afecta la constante de carga.

La ecuación de la fórmula para calcular el peso límite recomendado (RWL) es:

$$RWL = (LC)(HM)(VM)(DM)(AM)(FM)(CM)$$

El resultado de esta ecuación permite conocer el peso de la carga que la mayoría de los trabajadores pueden levantar en un periodo de tiempo sustancial (8 horas) sin aumento de riesgo de desarrollar dolor de espalda baja. En la Tabla 9 se muestra la notación utilizada para identificar cada uno de los multiplicadores.

Tabla 9. Notación de los factores multiplicadores.

Medida	Multiplicador o constante	Abreviatura		Unidades	
		Medida	Mul.	Sistema Inglés	Sistema Métrico decimal
Peso de la carga	Constante de carga	L	LC	Lbs	Kg
Distancia horizontal	Multiplicador horizontal	H	HM	Pulg	Cm
Distancia vertical	Multiplicador vertical	V	VM	Pulg	Cm
Distancia de transporte	Multiplicador de distancia	D	DM	Pulg	Cm
Ángulo de asimetría	Multiplicador asimétrico	A	AM	Grados	Grados
Frecuencia de levantamiento	Multiplicador de frecuencia	F	FM	Levantamientos/Minuto	Levantamientos/Minuto
Tipo de Acoplamiento	Multiplicador de acoplamiento	C	CM	*	*

Nota. *Se clasifica en bueno, regular o malo. Adaptado de Prado L., (2001). Ergonomía y Lumbalgias Ocupacionales.

Constante de carga (LC).

El peso de la carga es constante en 51 libras o 23 kilogramos. Es el peso más pesado que se recomienda levantar en la postura típica de levantamiento, que es a una altura de 30 pulgadas del suelo y a una distancia de 10 pulgadas del punto medio de los tobillos.

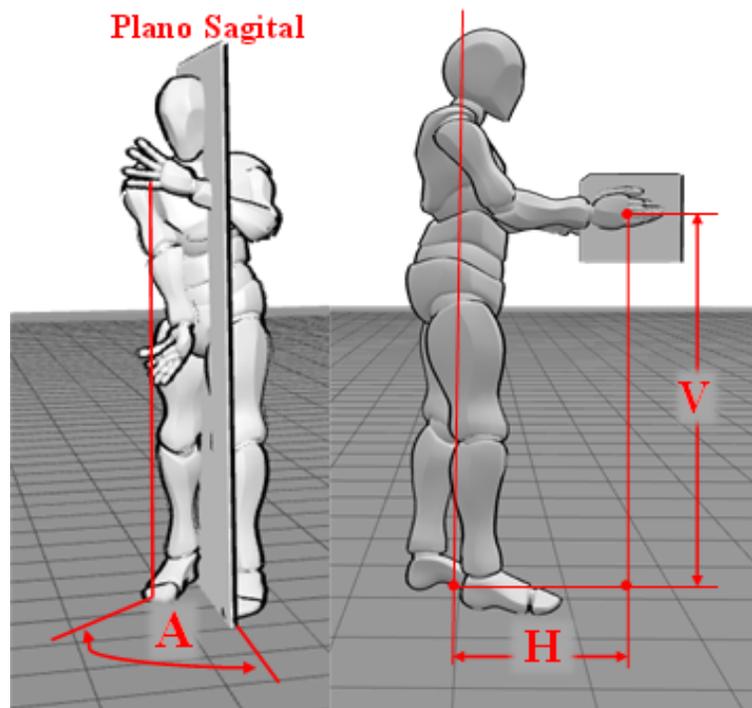
Multiplicador horizontal (HM).

El multiplicador horizontal se calcula a partir de la distancia horizontal entre los puntos medios de los tobillos y el punto proyectado en el suelo, que se encuentra directamente debajo de la mitad de las palmas. (ver Figura 15).

La fórmula del multiplicador horizontal es expresada como:

$HM = 10/H$ (en pulgadas) o $25/H$ (En centímetros).

Figura 15. Localización del levantamiento.



Nota. Los valores A, H y V corresponden al levantamiento cuando se tiene control completo de la carga, la longitud se mide a partir del centro entre los pies hasta el centro de la posición de las manos y el ángulo se mide a partir del plano sagital hasta el centro de la posición de las manos. Adaptado de Diego-Mas (2015).

Multiplicador Vertical (VM).

La distancia vertical entre el suelo y el punto medio de la empuñadura determina el multiplicador vertical. (ver Figura 15).

La fórmula del multiplicador horizontal se expresa como:

$$VM = (1 - 0.0075 |V - 30|) \text{ (en pulgadas)} \quad \text{o} \quad VM = (1 - 0.003 |V - 75|) \text{ (en centímetros)}$$

Multiplicador de asimetría (AM).

Cuando la carga está directamente frente al cuerpo, el multiplicador de asimetría puede alcanzar un valor máximo de 1.0; de lo contrario, el valor de A es el ángulo desde el plano sagital hasta el centro de la carga. (ver Figura 15).

La fórmula para el multiplicador de asimetría se expresa como

$$AM = [1 - (0.0032 * A)]$$

Multiplicador de distancia (DM).

La trayectoria de la distancia vertical de las manos entre el origen y el destino del levantamiento determina el multiplicador de distancia; para calcularlo se resta la altura a la que descansa el objeto a levantar de la distancia V.

La fórmula para el multiplicador de distancia se expresa como:

$$DM = [0.82 + (1.8/D)] \text{ (en pulgadas)}$$

$$DM = [0.82 + (4.5/D)] \text{ (en centímetros)}$$

Multiplicador de frecuencia (FM).

El multiplicador de frecuencia se basa en la altura vertical del levantamiento desde el suelo, la duración de la actividad de elevación y el número de ascensores por minuto (frecuencia). La cantidad promedio de levantamientos realizados por minuto durante un período de 15 minutos se conoce como frecuencia de levantamiento. Según el concepto de tiempo de trabajo continuo e intervalos de tiempo de recuperación, la duración del levantamiento se divide en tres categorías. El tiempo de recuperación es la cantidad de tiempo dedicado a realizar un trabajo ligero después de un período de levantamiento continuo. El valor del multiplicador de frecuencia se obtiene a partir de la Tabla 10.

Para definir la duración de las tareas se utilizan los siguientes criterios:

- Tareas de corta duración: Aquellas en las que el tiempo de actividad dura una hora o menos seguidas de un tiempo de recuperación de al menos un 120% del tiempo de trabajo.
- Tareas de duración moderada: Son aquellas que duran entre una y dos horas y disponen de un tiempo de recuperación del 30% del tiempo de trabajo.
- Tareas de larga duración: Son aquellas cuya duración está entre 2 y 8 horas con tiempos de descanso normales.

El valor de frecuencia se extrae de la Tabla 10 presentada a continuación.

Tabla 10. Cálculo del factor de frecuencia.

Frecuencia (elevaciones / minuto)	Duración del trabajo					
	Corta ($t \leq h$)		Moderada ($1h > t \geq 2h$)		Larga ($2h > t \geq 8h$)	
	V<75	V>75	V<75	V>75	V<75	V>75
0.20	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.86
0.50	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1.00	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2.00	0.91	0.91	0.74	0.74	0.65	0.65
3.00	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4.00	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5.00	0.80	0.80	0.60	0.60	0.45	0.45
6.00	0.75	0.75	0.50	0.50	0,35	0,35
7.00	0.70	0.70	0.42	0.42	0.27	0.27
8.00	0.60	0.60	0.35	0.35	0.22	0.22
9.00	0.52	0.52	0.30	0.30	0.18	0.18
10.00	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.15
11.00	0.41	0.41	0.00	0.21	0.00	0.13
12.00	0.37	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
13.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
> 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota. Tabla frecuencia-duración para obtener el factor de frecuencia. Recuperado de: Combarros (2013). Aplicación de la ecuación NIOSH en un almacén.

Multiplicador de acoplamiento (CM)

La fuerza máxima que un trabajador puede aplicar a un objeto y la posición vertical de las manos durante el levantamiento pueden verse afectadas por el tipo de conexión que tienen las manos con el objeto o la forma en que se sostienen. Con base en la fuerza del agarre y la posición vertical del peso, la ecuación categoriza el apego de la mano al contenedor. (ver Tabla 11).

Tabla 11. Clasificación del acoplamiento mano-objeto.

Bueno	Regular	Malo
1. Para contenedores con diseño óptimo, tales como algunas cajas, embalajes de madera, etc. Un buen acoplamiento mano-objeto podría definirse como agarraderas o resaque de diseño óptimo.	1. Para contenedores de diseño óptimo, un acoplamiento mano-objeto moderado podría definirse como agarradera o resaque con un diseño menor que el óptimo.	1. Contenedores con un diseño menor que el óptimo o partes sueltas u objetos irregulares que sean bultos, difíciles de asir o que tengan bordes filosos.
2. Para partes sueltas u objetos de forma irregular que no están en un contenedor, tales como bastimentos, moldes y existencias, las cuales podrían definirse como buen acoplamiento mano-objeto en el cual la mano puede sujetar fácilmente circundando al objeto.	2. Para contenedores de diseño óptimo, sin agarraderas o resaque o para partes sueltas u objetos irregulares, un acoplamiento mano-objeto moderado se define como un asimiento en el cual puede flexionarse cerca de 90 grados.	2. Levantamientos con bolsas no rígidas (por ejemplo, bolsas que se doblan en el centro).

Nota. Consideraciones para determinar el tipo de agarre. Adaptado de Prado L., (2001). Ergonomía y Lumbalgias Ocupacionales.

Una vez determinado el tipo de agarre se obtiene el valor del multiplicador de acoplamiento a partir de la Tabla 12.

Tabla 12. Multiplicador de acoplamiento.

Tipo de acoplamiento	Multiplicador de acoplamiento	
	V<30 pulgadas; (75 cm)	V≥ 30 pulgadas; (75 cm)
Bueno	1.00	1.00
Regular	0.95	1.00
Deficiente	0.90	0.90

Nota. Adaptado de Prado L., (2001). Ergonomía y Lumbalgias Ocupacionales.

Factor de corrección por trabajo en equipo (FC).

El peso límite recomendado se corrige en **0.85** si dos o más personas completan el levantamiento al mismo tiempo. Por tanto, cuando el levantamiento sea realizado por más de una persona, el RWL obtenido se multiplicará por **0.85**.

Índice de levantamiento (LI).

El índice de elevación (LI), que mide el estrés físico proporcional relacionado con el trabajo de elevación manual, se determina de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Levantamiento} = \text{peso de la carga} / \text{límite de peso recomendado (RWL)}.$$

Finalmente, conocido el valor del Índice de Levantamiento, puede valorarse el riesgo que entraña la tarea para el trabajador (Diego-Mas, 2015). Niosh considera tres intervalos de riesgo:

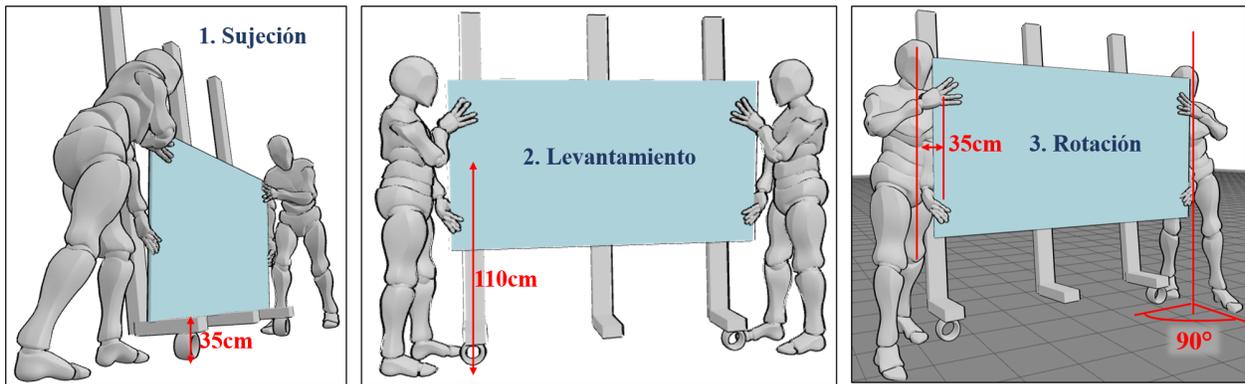
- Si **LI** es **menor o igual a 1** la tarea puede ser realizada por la mayor parte de los trabajadores sin ocasionarles problemas.
- Si **LI** está entre **1** y **3** la tarea puede ocasionar problemas a algunos trabajadores. Conviene estudiar el puesto de trabajo y realizar las modificaciones pertinentes.
- Si **LI** es **mayor o igual a 3** la tarea ocasionará problemas a la mayor parte de los trabajadores. Debe modificarse.

Cálculo de la ecuación NIOSH en la actividad de liberación de cabeceras.

Como se mencionó anteriormente, la actividad de liberación de cabeceras requiere una serie de movimientos. Para el presente análisis, la tarea que será evaluada consta de:

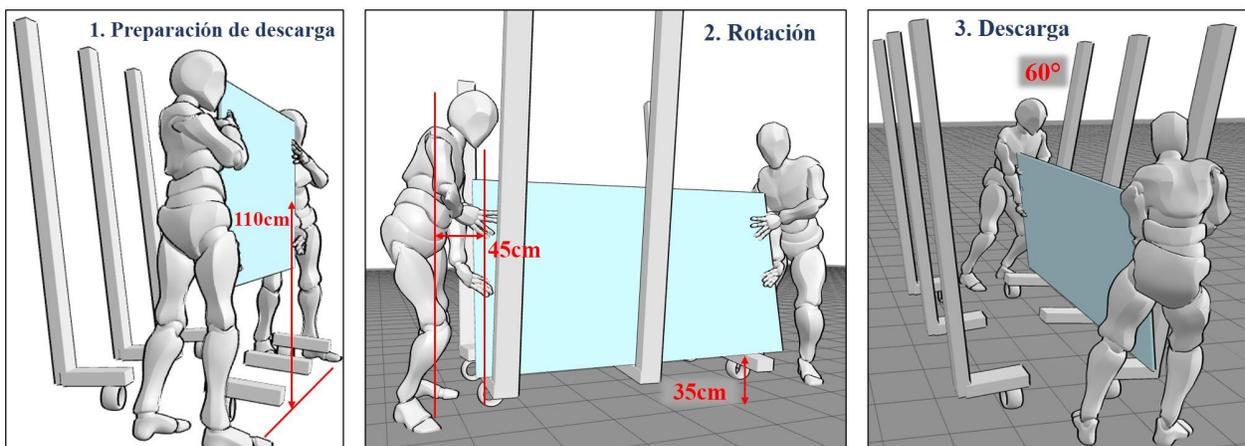
- Dos operadores en buen estado físico.
- Un tipo de producto, vidrio claro de 6 mm de espesor, medidas 1200x1200mm y un peso de 21.6 kg.
- Será dividida en dos conjuntos de acciones: Levantamiento de vidrio (Figura 16) y descarga de vidrio (Figura 17).

Figura 16. Levantamiento de cabecera.



Nota. La imagen contiene el proceso de levantamiento de vidrio plano con las dimensiones necesarias para obtener los factores multiplicadores correspondientes. Elaboración propia. Realizado con la herramienta web Posemyart.

Figura 17. Descarga de cabecera.



Nota. La imagen contiene el proceso de descarga de vidrio plano. Elaboración propia. Realizado con la herramienta web Posemyart.

A continuación, se muestra en la Tabla 13 el cálculo de cada uno de los factores multiplicadores.

Tabla 13. Cálculo de los factores multiplicadores.

Factor	Operación	Resultado
Origen HM	25/35	0.71
Destino HM	25/45	0.56
VM	$(1 - 0.003 110 - 75)$	0.895
DM	$0.82 + (4.5 / 75)$	0.88
AM origen	$1 - (0.0032 * 90)$	0.712
AM destino	$1 - (0.0032 * 60)$	0.808
FM	Corta ($t \leq h$) 3 lev/min	0.88
CM	Malo	0.90
FC	Dos personas	0.85

Nota. En la columna operación se han sustituido las variables correspondientes con los valores de las figuras 16 y 17.

Finalmente, se calculan los pesos límites recomendados de la carga y descarga de cabeceras, que se muestran en la Tabla 14, donde se observa que tanto el levantamiento, y con mayor severidad la descarga de piezas de vidrio plano para liberar cabeceras, entraña un riesgo en el estrés físico de las personas que realizan esta actividad, ya que los índices de levantamiento superan el valor de 3. De acuerdo con las recomendaciones del método NIOSH, la tarea debe cambiarse.

Tabla 14. Formato para el registro y análisis de trabajo por el método NIOSH.

Hoja de registro para el análisis del trabajo por el método NIOSH.										
Departamento: <u>Producción (corte)</u>			Descripción de la tarea: <u>Liberación de cabeceras</u>							
Puesto: <u>Cortador</u>			Consiste en traspasar piezas de vidrio plano de un carro a otro o de un caballete a otro, la actividad es realizada por dos personas quienes levantan las piezas, se desplazan máximo un par de pasos y descargan el vidrio plano a la altura inicial.							
Analista: <u>Edrai Marines</u>										
Fecha: <u>11 de abril de 2021</u>										
Paso 1. Medición y registro de las variables de la tarea.										
Peso del objeto		Ubicación Manos (cm)		Distancia Vertical	Ángulo de asimetría (grados)		Tasa de Frecuencia	Duración	Acoplamiento del objeto	
L (prom)	L (max)	H Origen	H Destino	D (cm)	A Origen	A Destino	Lev/min	Horas	C	
21.6	21.6	35	45	110	90	60	3	>1	Malo	
Paso 2. Determine los factores multiplicadores y calcule los RWL's.										
Fórmula	RWL =	LC x	HM x	VM x	DM x	AM x	FM x	CM x	FC	Resultado
Origen	RWL =	23	0.71	0.895	0.88	0.712	0.88	0.9	0.85	=6.16Kg
Destino	RWL =	23	0.56	0.895	0.88	0.808	0.88	0.9	0.85	=5.51Kg
Paso 3. Calcule el índice de levantamiento (IL)										
Origen	$\frac{\text{Índice de Levantamiento}}{\text{RWL}}$		=	$\frac{\text{Peso del objeto (L)}}{\text{RWL}}$		=	$\frac{21.6}{6.16}$	=	3.5	
Destino	$\frac{\text{Índice de Levantamiento}}{\text{RWL}}$		=	$\frac{\text{Peso del objeto (L)}}{\text{RWL}}$		=	$\frac{21.6}{5.51}$	=	3.99	

Nota. Formato para cálculo de la ecuación para una sola tarea. Adaptado de Prado L., (2001). Ergonomía y Lumbalgias Ocupacionales.

Paso 5. Crear la matriz de variaciones.

De acuerdo con Robertson *et al.* (2002) una varianza es considerada clave si afecta significativamente la cantidad de producción, la calidad de producción, los costos de operación (servicios públicos, materia prima, horas extras, etc.), los costos sociales (insatisfacción, seguridad, etc.), o si tiene numerosas relaciones con otras varianzas (matriz).

El objetivo de este paso es evaluar cómo afecta cada variación al proceso de gestión de cabeceras, con el fin de establecer prioridades para tratar primero las variaciones que tiene más efectos en el proceso. La manera de construir la matriz es listar en el eje *Y* las variaciones como fueron apareciendo en el flujo de trabajo y en el eje *X* se colocarán tres preguntas que ayudarán a estimar la severidad de las variaciones, para valuar cada cruce se utiliza una escala de Likert de 4 puntos donde 4 es mucho 3 es suficiente 2 es poco y 1 es nulo. A continuación, se muestra la matriz de variaciones ver Tabla 15.

Tabla 15. Matriz de variaciones de la gestión de cabeceras.

No.	Varianza	Tipo de datos de varianza			Total
		Tiene un impacto final significativo	Tiene numerosas relaciones con otras varianzas	Tiene un impacto significativo como variación única	
1	No hay una base de datos de las cabeceras que están en el almacén temporal	3	2	2	7
2	Se optimizan primero las hojas en lugar de las cabeceras	4	3	2	9
3	Liberar una cabecera requiere de muchos movimientos	4	3	3	10
4	La manera de reportar el alta o baja de una cabecera no está establecida	4	4	4	12

5	No se tiene señalización en la zona para ubicar cabeceras	3	3	1	7
6	La zona para ubicar las cabeceras está saturada	4	4	3	11
7	Se colocan cabeceras en carros destinados para el traslado de materiales	4	4	4	12
8	La zona para ubicar cabeceras obstruye el tránsito para el área automotriz y uno de los hornos	4	4	4	12

Nota. Adaptado de Nur y Suhardi (2021).

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de las variaciones se puede observar que las variaciones 4, 7 y 8 son las más críticas. Realizar acciones sobre la variación 4, cómo definir o establecer una manera de reportar el alta o baja de una cabecera por parte de la unidad operativa de corte, facilitará la creación de la base de datos por parte de la unidad operativa de planeación, con esta información, programar el corte de cabeceras se puede realizar con mayor frecuencia y dar prioridad sobre las hojas completas, como resultado, se espera que el almacén temporal de cabeceras detenga su crecimiento y eventualmente se reduzca, para liberar tanto la vía de tránsito, como las ubicaciones en la zona de almacén y así dejar de utilizar los carros como estantes de cabeceras, con ello conseguir impactar de forma positiva las variaciones 7 y 8, que los mandos bajos perciben como las más problemáticas.

4.3 Análisis de subsistemas del personal.

En esta etapa se desarrolla el paso 6 del método MEAD. Se crea una tabla de control de variaciones clave, inicia el diseño del modelo hipotético, identificando los roles y las funciones que deben desempeñar para controlar las variaciones que ayudarán a mantener funcionando el sistema de trabajo como se desea.

Paso 6. Creación de una tabla de control de variaciones clave y una red de roles.

a) Creación de la tabla de control de variaciones clave para la gestión de cabeceras.

El propósito de este paso es determinar cómo se controlan actualmente las variaciones existentes y si el personal responsable del control de variaciones requiere apoyo adicional. La tabla de control de varianzas clave incluye: La operación unitaria; quién es responsable; qué actividades de control se llevan a cabo actualmente; qué interfaces, herramientas o tecnologías se necesitan para apoyar el control y qué comunicación, información, habilidades especiales o conocimientos se necesitan para apoyarlo. Para la elaboración de la tabla de control de varianzas clave se utilizará la tabla propuesta por Blanco y Duggar (1998) ver Tabla 16.

Para determinar los roles en el proceso de gestión de cabeceras, se establecieron como objetivos mantener al mínimo el almacén de cabeceras, así como aprovechar al máximo el material de cabecera. Las funciones requeridas para lograr este objetivo incluyen el resguardo de las cabeceras en el almacén ubicado junto a la unidad operativa corte, así como la selección y suministro de dichas cabeceras.

El análisis de roles examina quiénes interactúan entre sí, sobre qué interactúan y qué tan efectivas son estas relaciones (Robertson *et al.*, 2002). Inicialmente, se detectaron dos roles correspondientes a los cargos que ocupan las unidades operativas involucradas en el aprovechamiento y corte del material, como son *Planeación* y *Corte*; sin embargo, las personas que ocupan estos puestos cumplen dos roles, el de planeador como rol analizar los pedidos y verificar si hay material suficiente para lanzarlos a producción, y en su rol de optimizador realizar los programas mediante el software de optimización. Del mismo modo, los cortadores como rol realizan el corte de hojas de vidrio y en su rol de encargados del almacén de cabeceras se espera que resguarden, ubiquen y suministren las cabeceras, a partir de esta información se desarrolla la tabla de control de variaciones clave, que considera los cuatro roles identificados: Planeador, optimizador, cortador y encargado de almacén de cabeceras.

Tabla 16. Tabla de control de variaciones clave para la gestión de cabeceras.

Varianza clave	Unidad de Operación			Rol de control	Acción de control	Información necesaria
	Donde ocurre	Donde se observa	Donde se controla			
La manera de reportar el alta o baja de una cabecera no está establecida.	Planeación	Planeación: selección del material	Planeación: optimización	Planeador Optimizador	Ingresar o eliminar cabeceras de la base de datos Priorizar las cabeceras en los programas.	1. Identificar material. 2. Crear base de datos de cabeceras.
	Corte	Corte: Almacén temporal de cabeceras	Corte: no se controla actualmente	Cortador Encargado de almacén cabecera	Se colocan y se toman cabeceras del almacén temporal	3. Medio de comunicación formal para reportar cabeceras a planeación
Se colocan cabeceras en carros destinados para el traslado de materiales	Corte	Corte: traslado de materiales Producción: Traslado de materiales	Corte: Ubicar cabeceras en almacén temporal	Encargado de almacén cabecera	Ubicar cabeceras dentro de la zona del almacén temporal	4. Señalización del almacén temporal 5. Anaqueles adecuados para colocar cabeceras
			Planeación: optimización	Planeador Optimizador	Liberar ubicaciones del almacén temporal	6. Priorizar el corte de cabeceras
La zona para ubicar cabeceras obstruye el tránsito para el área automotriz y uno de los hornos	Corte	Corte Automotriz Horno	Corte: Almacén temporal Planeación: optimización	Encargado de almacén cabecera Optimizador	No colocar cabeceras en la vía de tránsito. Priorizar cabeceras que obstruyen el tránsito	7. Espacio en anaqueles. 8. Requisitos para almacenar material de cabecera.

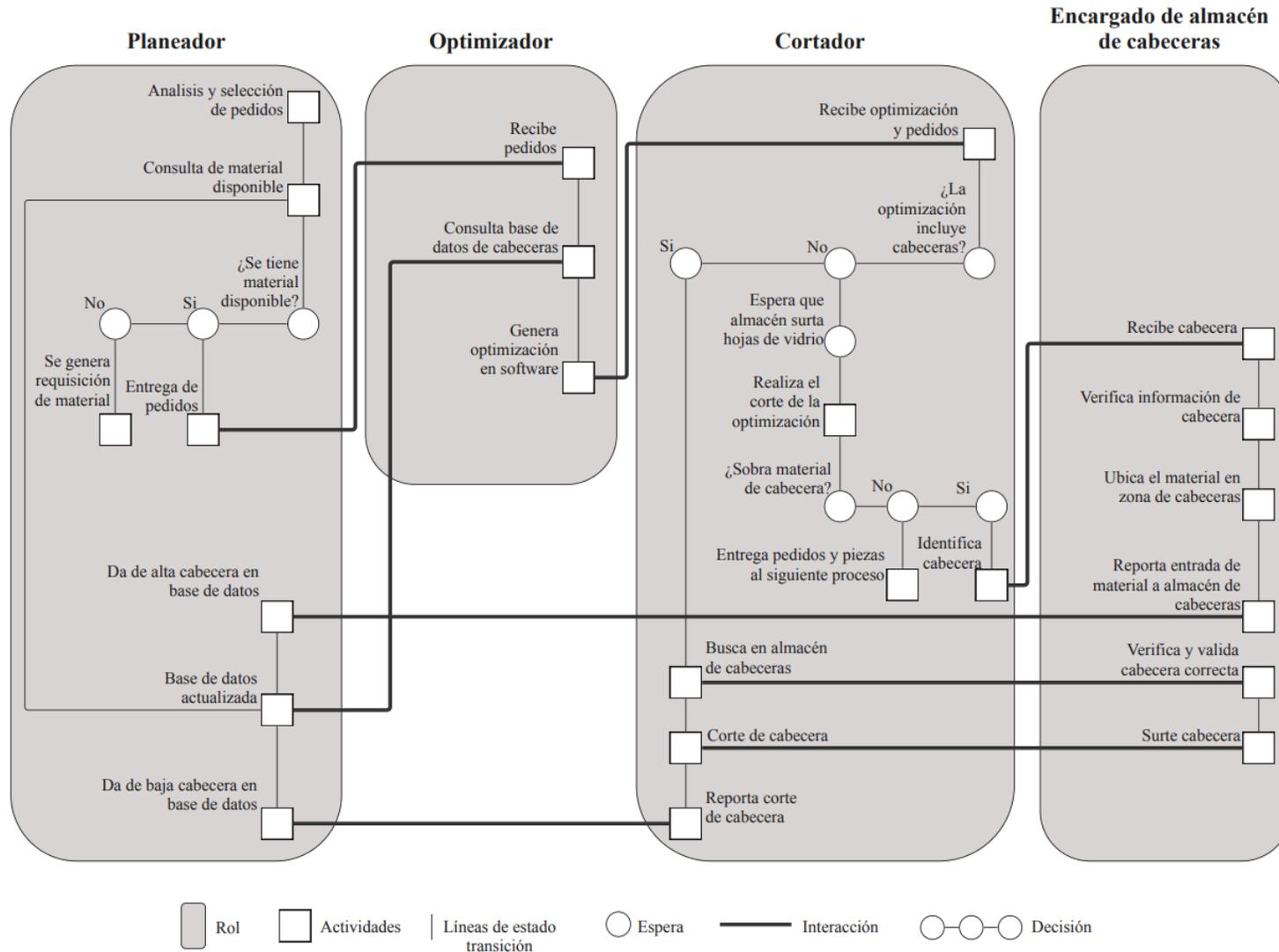
Nota. Adaptado de Blanco & Duggar (1998).

b) Elaboración de la red de roles

La red de roles facilita la identificación del rol que se encarga de controlar las variaciones clave. Aunque varios roles pueden satisfacer este criterio, con frecuencia hay un solo rol, sin el cual el sistema no puede funcionar, y es a partir de este rol que se pueden evaluar las relaciones y se pueden establecer los instrumentos para controlar las variaciones. El diagrama resultante servirá para explicar a los implicados el alcance de su función y el control que deben ejercer sobre las variaciones, permitiéndoles conocer la eficacia esperada de su función. La red de roles que se elabora a continuación es un modelo hipotético de cómo operar lo que puede ser un sistema de gestión de cabeceras, cuyo objetivo es mantener al mínimo el almacén y aprovechar al máximo el material que ingresa. Mediante la correcta ejecución de las funciones definidas para cada rol, es posible mejorar la visibilidad del material disponible, aumentar la asignación de este material a los programas de corte y reducir el área de cabeceras para liberar la vía de tránsito.

Se utilizó un Diagrama Rol Actividad (RAD), para representar la red de roles, porque este tipo de diagrama permite visualizar fácilmente los roles, las actividades que son responsabilidad de ese rol y las interacciones con otros roles. En la Figura 18, se observa que el cortador es el principal encargado de controlar las variaciones clave, puesto que, sin la información que este puede proporcionar, el modelo hipotético propuesto dejaría de funcionar.

Figura 18. Diagrama Rol Actividad (RAD) para la gestión de cabeceras.



Nota. La imagen muestra los roles identificados, sus actividades e interacciones, el rol que interactúa con el resto de roles es el cortador. Adaptado de Flores, B. (2001).

4.4 Asignación de funciones y diseño conjunto.

En este apartado se desarrolla el paso 7 del método MEAD. Se realiza la asignación de funciones comunicando el modelo desarrollado con los colaboradores de la empresa que desempeñaran los roles definidos, para iniciar la etapa de diseño conjunto, colaborando con los dueños de los procesos.

Paso 7. Realización de asignación de funciones y diseño conjunto.

a) Asignación de funciones.

En esta etapa del procedimiento, el modelo hipotético se presentó a las personas involucradas, para asignar metódicamente roles y responsabilidades a personas, máquinas y computadoras. En esta instancia, la información se compartió en una reunión que contó con el gerente de producción, el planificador, el líder de corte, dos cortadores oficiales y un asistente de corte. El objetivo de la reunión fue compartir el modelo de gestión de cabeceras (ver Figura 18), para mejorar el rendimiento del material. También se explicó cómo la correcta aplicación de dicho modelo permite controlar las principales desviaciones (ver Tabla 15) que están impactando en el sistema de trabajo.

Las funciones asignadas al planeador, son administrativas y de soporte cuando desempeña el *Rol de Planeador* y son operativas cuando desempeña el *Rol de Optimizador*, por otro lado, las funciones asignadas al cortador son operativas cuando desempeña el *Rol de Cortador* y son de soporte cuando desempeña el *Rol de Encargado de almacén de cabeceras*.

b) Diseño conjunto.

Se inició un proceso de diseño conjunto para encontrar soluciones a las necesidades identificadas en la tabla de desviaciones clave después de haber comunicado el modelo hipotético, las funciones asignadas a cada participante, e indicando las desviaciones que cada uno debe controlar. Este proceso tuvo en cuenta la experiencia y conocimiento de las personas que desempeñan los roles involucrados en el modelo propuesto.

Los requisitos de los distintos puestos se tuvieron en cuenta al momento de plantear las necesidades en forma de pregunta. A continuación se muestran las consultas junto con sus correspondientes respuestas.

- Identificar el material

¿Información necesaria para identificar el material?

Requisitos de planeador: Indicar medidas, tipo de vidrio, espesor.

Requisitos Cortador: Saber el tipo de vidrio para escribirlo.

Planeador: El nombre del vidrio se proporciona en el formato plan de corte o en la optimización.

¿Cómo identificar el material para que la información no se pierda?

Cortador 1: Con marcador en la cabecera.

Cortador 2: Menciona que cuando el material se apila el marcador no se ve, sugiere escribir información en etiquetas y colocarlas en alguna de las esquinas del vidrio.

Cortador 3: Cuando no se tengan etiquetas utilizar solo el marcador en una esquina del vidrio.

Planeador: Indica que la impresora expulsa 3 etiquetas cada vez que se enciende o cuando se cambia el rollo y que esas etiquetas se pueden aprovechar para identificar las cabeceras.

Acuerdo: Las cabeceras serán identificadas colocando una etiqueta en la esquina del vidrio, la cual debe tener escrito las dimensiones, el tipo de vidrio y el espesor.

- Crear base de datos de cabeceras.

¿Qué información requiere la base de datos de cabeceras?

Optimizador: Se requiere saber las medidas y poder filtrar individualmente cada dato; tipo de vidrio, espesor, largo, ancho, saber si la cabecera le pertenece a alguna optimización y saber si se ha cortado.

Planeador: Se requiere saber ubicación para brindar la información al cortador y saber el proveedor del material porque los tonos cambian entre claros y de color.

Optimizador: El sistema utiliza notación en milímetros para las dimensiones.

Se sugiere crear una base de datos en Excel con las columnas de la Tabla 17.

Tabla 17. Propuesta para elaborar base de datos de cabeceras.

Tipo de vidrio	Proveedor	Espesor	Largo	Ancho	Ubicación	Optimización	Estatus
Claro	S. G	6	1340	1200	CR43		
Claro	G	6	2600	1300	CG	1145	
Claro	V	6	1800	1100	CC	1167	Cortado

Nota. Elaboración propia.

- Medio de comunicación formal para reportar cabeceras a planeación.

¿Cómo establecer un medio de comunicación formal para reportar cabeceras al área de planeación?

Cortador 2: Reporte cuando termine el turno avisamos de las cabeceras que salieron en el turno.

Planeador: El reporte verbal puede no ser claro y se pierde información, reporta con un formato es más confiable.

Acuerdo: el medio de comunicación para reportar cabeceras será por medio de un formato en el cual se debe registrar la información necesaria requerida por la base de datos (ver Tabla 18).

Tabla 18. Formato para el registro de material que ingresa al almacén de cabeceras en el turno.

Tipo de vidrio	Proveedor	Espesor	Largo	Ancho	Ubicación	Reporta
Claro	S. G	6	1340	1200	CR20	Nombre C1
Claro	G	6	2600	1300	CG	Nombre C2
Claro	V	6	1800	1100	CC	Nombre C3

Nota. Elaboración propia.

- Señalización del almacén temporal de cabeceras.

¿Cómo señalar el almacén de cabeceras para encontrar fácilmente el material?

Cortador 1: Actualmente se cuenta con 1 caballete grande (CG), un caballete chico (CC) y los carros están enumerados con un marbete (CR + número). Saber en qué lugar está la cabecera permite encontrar y surtir más fácilmente el material.

Planeador: La información sobre la ubicación (CG, CC o CR) se puede agregar en el formato *Plan de corte*, es un formato que se entrega una copia al Almacén de materia prima y una copia a los cortadores y ahí se puede indicar donde está el material.

Acuerdo: el Planeador debe agregar una casilla en el formato Plan de corte para indicar la ubicación de la cabecera.

- Anaqueles adecuados para colocar cabeceras

¿Qué tipo de anaqueles se necesitan para organizar las cabeceras?

Cortador 2: Están bien los caballetes que se tienen, pero se requieren muchos movimientos para sacar una cabecera que se encuentra muy abajo, sugiere colocar arpas.

Cortador 2: Los carriles de las arpas se pueden enumerar para encontrar más rápido el material.

Planeador: Se puede colocar un arpa grande y una chica, pero se requiere limpiar y organizar la zona.

Acuerdo: Cambiar los caballetes por arpas, este cambio en infraestructura supera los alcances de las unidades operativas, corte y planeación, se sugiere generar un plan con el apoyo de la gerencia de producción para cumplir con este acuerdo.

- Priorizar el corte de cabeceras.

¿Cómo dar prioridad a las cabeceras para que se corten antes que las hojas de vidrio?

Planeador: A partir de la información que se irá concentrando en la base de datos, las cabeceras se pueden cargar en el software de optimización y asignarles prioridad para que el propio software la tome como prioridad.

Cortador: Se sigue el plan de corte y la optimización, si está programada una cabecera se debe cortar.

Acuerdo: El optimizador debe priorizar el corte de cabeceras al momento de realizar las optimizaciones y el planeador debe indicar en el plan de corte donde se encuentra la cabecera.

- Espacio en anaqueles.

¿Cómo liberar espacio en los anaqueles del almacén de cabeceras?

Planeador: Si se cumple el acuerdo de priorizar el corte de cabeceras, se estarán liberando frecuentemente espacios en las arpas o en los caballetes.

Cortador: Si se tiene espacio en el arpa o caballetes no es necesario utilizar carros que bloquean el paso.

Acuerdo: Cumplir con el acuerdo de priorizar el corte de cabeceras para liberar espacios en el arpa o caballete.

- Requisitos para almacenar material de cabecera.

¿Qué requisitos debe tener el material para ser almacenado como cabecera?

Planeador: Las piezas pequeñas tardan más tiempo en salir del almacén de cabeceras, excepto la luna que se utiliza para espejos. Las cabeceras deben ser mínimo de 1000 por 1000 mm en vidrios claros, de color, reflectivos y low-e; el tipo luna espejo puede tener las dimensiones de 500 por 500 mm.

Cortador: Los vidrios especiales (reflectivos, low-e) tardan en salir del área de cabeceras y se maltratan fácilmente.

Acuerdo: El cortador considerará cabeceras al material sobrante de una hoja de vidrio que tenga dimensiones mínimas de 1000 por 1000 mm en el caso de vidrios claros, de color, reflectivos y low-e; los vidrios luna espejo pueden tener las dimensiones 500 por 500 mm.

El diseño conjunto permite identificar los mecanismos, interfaces, sistemas de información, ayudas de trabajo y requisitos del puesto de trabajo que apoyen a los participantes en el control de las variaciones. La Tabla 19, concentra los requisitos obtenidos a partir del diseño conjunto que fueron acordados por quienes ejecutarán los roles dentro del modelo propuesto para el control de cabeceras.

Tabla 19. Requisitos para el control de cabeceras.

Necesidad	Propuesta de control
1. Identificar material.	Las cabeceras serán identificadas colocando una etiqueta en la esquina del vidrio, la cual debe tener escrito las dimensiones, el tipo de vidrio y el espesor.
2. Crear base de datos de cabeceras.	La base de datos se creará en Excel con las columnas: Tipo de vidrio, proveedor, espesor, largo, ancho, ubicación, optimización y estatus (ver Tabla 17).
3. Medio de comunicación formal para reportar cabeceras a planeación.	El medio de comunicación para reportar cabeceras será por medio de un formato con las columnas: Tipo de vidrio, proveedor, espesor, largo, ancho, ubicación y el nombre de quien reporta (ver Tabla 18).
4. Señalización del almacén de cabeceras.	Se identificará como CC al caballete chico, CG al caballete grande y Cr + número al carro donde se coloquen cabeceras mientras se realiza el cambio por arpas.
5. Anaqueles adecuados para colocar cabeceras.	Se utilizarán los caballetes y dos carros mientras se realiza el cambio por arpas.
6. Priorizar el corte de cabeceras.	El optimizador debe priorizar el corte de cabeceras al momento de realizar las optimizaciones y el Planeador debe indicar en el Plan de corte donde se encuentra la cabecera.
7. Espacio en anaqueles.	Cumplir con el acuerdo de priorizar el corte de cabeceras para liberar espacios en el arpa o caballete.
8. Requisitos para almacenar material de cabecera.	El cortador considerará cabeceras al material sobrante de una hoja de vidrio que tenga dimensiones mínimas de 1000 por 1000 mm, en el caso de claros, color, reflectivos y low-e, en el caso de vidrios luna espejo pueden tener dimensiones de 500 por 500 mm.

Nota. Elaboración propia.

4.5 Evaluación de percepción de roles y responsabilidades.

En este apartado se desarrolla el paso 8 del método MEAD. Se realizarán reuniones y acercamiento con los involucrados en el modelo para gestión de cabeceras para conocer la percepción que tienen de su rol dentro de este y la percepción que tienen del modelo en general.

Paso 8: Comprender las percepciones de roles y responsabilidades.

La siguiente apreciación es el resultado de los comportamientos que se observaron y las percepciones de los participantes sobre los roles y funciones que se les asignaron durante las sesiones de diseño conjunto.

Los roles y responsabilidades son percibidos de manera distinta por diferentes personas. Por un lado, el Planeador que se encargará de las tareas administrativas está totalmente de acuerdo con el modelo propuesto para la gestión de las cabeceras y cree que los formatos y acciones para controlar las variaciones le facilitarán el desempeño de sus tareas, especialmente cuando desempeñe el rol de optimizador. Los Cortadores que realizarán actividades operativas, por otro lado, ven un aumento en el número de tareas y creen que las nuevas responsabilidades, en particular el llenado de formularios, les quitará tiempo de trabajo. La productividad se mide en términos del estándar requerido de 100 m² de corte por hora.

La preocupación planteada por los Cortadores con respecto al modelo de gestión de cabeceras fue abordada durante una reunión. La sesión se centró en los beneficios esperados de la nueva forma de trabajo, destacando el cambio de funciones. La búsqueda de cabeceras implica ubicar y extraer el material por medio de numerosos movimientos en el almacén, es una actividad que resta tiempo productivo. El modelo propuesto prevé la construcción de una base de datos que estará bajo el control del Planeador. Será el responsable de proporcionar la ubicación y especificaciones del material programado para corte, de manera que el tiempo de búsqueda y liberación del material será menor, dando espacio para realizar las actividades de control como llenar formatos.

Al término de estas sesiones, se decidió tomar en consideración la solicitud para reportar de manera verbal las cabeceras por parte de los cortadores, y se obtuvo su consentimiento expreso. Esta decisión logró mejorar la percepción favorable del modelo.

4.6 Diseño y rediseño de subsistemas e interfaces

En esta etapa se desarrolla el paso 9 del método MEAD. Se prueban los instrumentos identificados como necesarios y que se han generado durante el proceso de diseño conjunto. También se realizan los cambios de equipo e infraestructura definidos previamente.

Paso 9: Diseño/Rediseño de subsistemas e interfaces de soporte.

En este punto se realizó el acondicionamiento del almacén de cabeceras, que forma parte del área de trabajo de corte, ya que las interfaces, como formatos, máquinas y equipos de cómputo, en el modelo propuesto han quedado definidas en las etapas previas.

Uno de los componentes esenciales para el funcionamiento del modelo de gestión de cabeceras son los estantes adecuados (ver Tabla 15); sin embargo, durante el diseño conjunto se descubrió que los participantes del modelo no tenían alcance para realizar dicho cambio, por lo que se solicitó una reunión con la Gerencia de Producción para determinar en conjunto un Plan para realizar el cambio de anaqueles, procurando aprovechar cada acción y evitar interferir con las operaciones normales de la empresa, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Identificación del material como se especifica en la propuesta de control de la Tabla 18;
- Realizar el inventario de las cabeceras identificadas;
- Separar cabeceras por tipo de vidrio (claros, color, reflectivos, low-e);
- Destrucción de material dañado (rayado, roto, etc.);
- Traslado del material de baja rotación al punto de venta de hojas de vidrio;
- Traslado de caballetes al punto de venta de hojas de vidrio;
- Movimientos de almacén en sistema;
- Limpieza de la zona para almacenar cabeceras 6 X 4 metros;
- Instalación de dos estantes tipo arpa;
- Ubicación de cabeceras identificadas en arpas;
- Dar de alta cabeceras en la base de datos;

La gestión y ejecución del plan fue dirigida por la Gerencia de producción. La identificación del material continuo a cargo de Planeación y Corte, así como el levantamiento del inventario, la destrucción del material dañado y la separación del material por tipo de vidrio. El traslado de

material y caballetes se asignó al área de embarques. Los movimientos de almacén en el sistema informático se asignaron a la Gerencia de administración y Almacén. Las maniobras con montacargas o tortugas se asignaron a Mantenimiento. Al terminar el cambio de anaqueles la ubicación de cabeceras en arpas se asignó a Corte y personal de producción, una vez ubicadas las cabeceras, su registro en la base de datos es responsabilidad de Planeación.

El plan de cambio de estantes junto con las actividades listadas se estableció en un plazo de dos meses.

4.7 Implementar, iterar y mejorar.

En esta etapa se desarrolla el paso 10 del método MEAD. Inician las pruebas operativas del sistema de trabajo, donde se ejecuta el modelo de gestión de cabeceras para verificar si funciona correctamente o de lo contrario si las actividades definidas junto con los instrumentos desarrollados requieren algún ajuste, que será atendido durante el proceso de iteración y mejora.

Paso 10: Implementación, iteración y mejora.

Debido a que algunas tareas para el acondicionamiento del almacén forman parte de las funciones y responsabilidades de los nuevos roles dentro del modelo de control de cabeceras, los participantes y la gerencia de producción decidieron que la implementación del modelo comenzaría en forma simultánea con el plan de cambio de anaqueles.

Con el fin de observar qué tan efectivos son los instrumentos creados durante el diseño conjunto para apoyar el control de las variaciones clave, se decidió establecer un período de evaluación semanal durante el cual se realizarían ajustes y modificaciones al modelo para el manejo de cabeceras. Este período de evaluación implicaría realizar las iteraciones necesarias para encontrar el instrumento más adecuado dentro de las limitaciones de los recursos de la organización.

Para el control de la variación “La manera de reportar el alta o baja de una cabecera no está establecida”, se encontraron tres requerimientos (identificación del material, creación de base de datos y Medio de comunicación formal para reportar cabeceras), a continuación se muestran las iteraciones que se llevaron a cabo para obtener el instrumento adecuado (ver Tablas 20, 21 y 22).

- Identificación del material.

Tabla 20. Iteración del instrumento para identificar el material.

Iteración	Interesados	Instrumentos	Observaciones
1	Planeación Corte	Formato Impreso	Efectividad baja, el formato no se adhiere al material, pérdida de información, rechazo a llenar formatos.
2	Planeación Producción	Marcador	Efectividad media, información permanece en el vidrio, información no visible al apilar material (ver Figura 19).
3	Planeación Producción	Cinta adhesiva	Efectividad media, información visible en material apilado, vida útil del adhesivo es corta y produce pérdida de información.
4	Planeación Producción	Etiqueta especial	Efectividad alta, es un instrumento utilizado en la operación diaria, vida útil del adhesivo es larga, más de 6 meses, se conserva la información (ver Figura 19).

Figura 19. Pruebas para identificación de material.



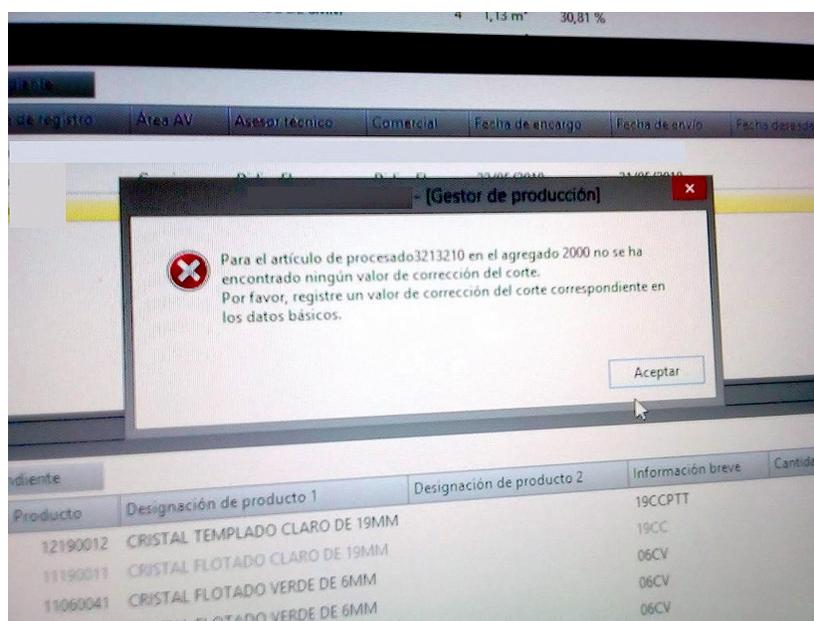
Nota. Del lado izquierdo se identifica un vidrio con marcador y del lado derecho se identifica con la etiqueta especial. Imagen propia.

- Crear base de datos de cabeceras.

Tabla 21. Iteración del instrumento para elaborar la base de datos.

Iteración	Interesados	Instrumentos	Observaciones
1	Planeación Corte	Inventario papel	Efectividad baja, revisión manual, falla en asignación de material, falla en dar de baja material, difícil cuantificar, pérdida de historial de corte de cabeceras.
1	Planeación Gerencia de producción	Software ERP	Efectividad baja, información obsoleta, dificultad para leer información, consultar distintas ventanas, dificultad para rastrear cabeceras en optimizaciones (ver Figura 20).
2	Planeación Gerencia de producción	Base de datos en Excel	Efectividad alta, se concentra información puntual, fácil de leer, filtrar y rastrear.

Figura 20. Consulta en software ERP para seleccionar cabecera.



Nota. En la ventana del software, la consulta no arroja la información requerida. Imagen propia.

- Medio de comunicación formal para reportar cabeceras a planeación.

Tabla 22. Iteración del instrumento para reportar cabeceras.

Iteración	Interesados	Instrumentos	Observaciones
1	Planeación Corte Producción	Informe verbal al final de turno	Efectividad baja, pérdida de información, no hay reporte cuando el Planeador no está disponible al fin de turno, usuarios de producción no reportan cabeceras.
2	Planeación Corte Producción	Formato impreso	Efectividad media, no se llena correctamente el formato, rechazo a llenar formato, pérdida de información.
3	Planeación Corte Producción	Radio	Efectividad media, se realiza el informe verbal a distancia, solo los líderes de área tienen radio, pérdida de información.
4	Planeación Corte Producción	Celular, aplicación de mensajería multimedia	Efectividad alta, se reporta en tiempo real, todos cuentan con celular y aplicación, el reporte incluye texto, imagen y metadatos.

Para la variación “Se colocan cabeceras en carros destinados para el traslado de materiales” se trabajaron los requerimientos (señalización del almacén de cabeceras, anaqueles adecuados para colocar cabeceras y priorizar el corte de cabeceras) ver Tablas 23 y 24.

- Señalización del almacén de cabeceras.

Tabla 23. Iteración del instrumento para colocar las señales en el almacén de cabeceras.

Iteración	Interesados	Instrumentos	Observaciones
1	Planeación Corte Producción	Asignar código a los caballetes y carros	Efectividad media, ubicación poco específica, movimiento de material, los carros cambian constantemente
2	Planeación Corte Producción	Enumerar los carriles de arpas	Efectividad alta, ubicación específica.

- Anaqueles adecuados para colocar cabeceras.

Tabla 24. Iteración para la selección de los anaqueles para ubicar cabeceras.

Iteración	Interesados	Instrumentos	Observaciones
1	Planeación Corte Producción	Caballetes	Efectividad baja, material apilado, requiere manipulación constante del material, requiere un carro extra para liberar una cabecera, el riesgo de daño al material por rayas o rotura es alto (ver Figura 21).
2	Planeación Corte Producción	Arpas	Efectividad alta, el material tiene un carril propio, no se apila, el riesgo de daño al material por rayas o rotura es bajo (ver Figura 21).

Figura 21. Anaqueles disponibles para colocar cabeceras.



Nota. Del lado izquierdo se observan los caballetes donde se apila el material y del lado derecho se observa un arpa que tiene carriles para cada pieza. Imagen propia.

- Priorizar el corte de cabeceras.

Programar cabeceras para el proceso de corte, depende de la información actualizada en la base de datos. La actividad que se consideró para identificar el instrumento correcto fue la consulta en la base de datos, dado que esta consideración es la misma para la elaboración de la base de datos, la iteración del instrumento en este caso corresponde a la Tabla 20.

Finalmente, la varianza “La zona para ubicar cabeceras obstruye el tránsito para el área automotriz y uno de los hornos” se identificaron dos requerimientos “Espacio en anaqueles” y “Requisitos para almacenar material de cabecera”, sin embargo, en este punto del análisis se entiende dicha variación como una consecuencia de la falta de gestión de cabeceras y se espera que al ejecutar correctamente el modelo propuesto para la gestión de cabeceras, dicha variación tenderá a disminuir sus efectos como son la obstrucción del tránsito y los conflictos que se generan entre el personal de las áreas de corte, automotriz y templado.

4.8 Resultados de la implementación del modelo para la gestión de cabeceras.

A partir de las iteraciones mencionadas anteriormente el modelo propuesto para la gestión de cabeceras quedó formalizado, los hallazgos más destacados durante el proceso de mejora se detallan a continuación.

Se identificó que los usuarios del almacén de cabeceras se extienden a todas aquellas áreas que pueden generar cabeceras, inicialmente se pensó solo en el material que sobra del corte de las hojas de vidrio, sin embargo, en los siguientes procesos productivos se presentan casos de piezas despuntadas, rayas profundas, grietas por barrenos o resagues y piezas rotas, todo aquel material sin temprar que tiene algún defecto y le impide cumplir con los requerimientos de calidad especificados por la organización y su normativa, pueden convertirse en cabeceras, para estos casos se caracterizó el rol de proveedor de cabeceras que potencialmente son todas las personas que trabajan en producción y embarques, en estos casos las actividades que deben realizar son:

- Dimensionar el área aprovechable verificando que cumpla con las características para ser material de cabecera, ver Tabla 18;
- Trasladar el material al almacén de cabeceras;
- Identificar la cabecera;
- Colocar material en el arpa;
- Reportar en el grupo de cabeceras vía mensaje multimedia.

El siguiente hallazgo es, que el ritmo de salida de cabeceras de vidrio reflectivo, de color y low-e, es más lento que el ritmo de entrada, esta situación genera la saturación del almacén de

cabeceras y provoca nuevamente el uso de los carros como anaqueles y la obstrucción del tránsito. Como resultado, se le dio al Departamento de Planeación la responsabilidad de organizar el traslado de material de baja rotación. Las condiciones establecidas para solicitar un traslado al departamento de Embarques incluyen que el material debe ser del tipo reflectivo, de color o low-e, preparar carros con lotes de al menos 10 piezas, ver Figura 22. Cuando se cumplen estas condiciones, se deben tomar las siguientes acciones:

- Solicitar el traslado vía correo electrónico al área de embarques;
- Solicitar los movimientos de almacén al departamento de Administración;
- Entregar requisición al área de embarques firmada y autorizada por la Gerencia de planeación.

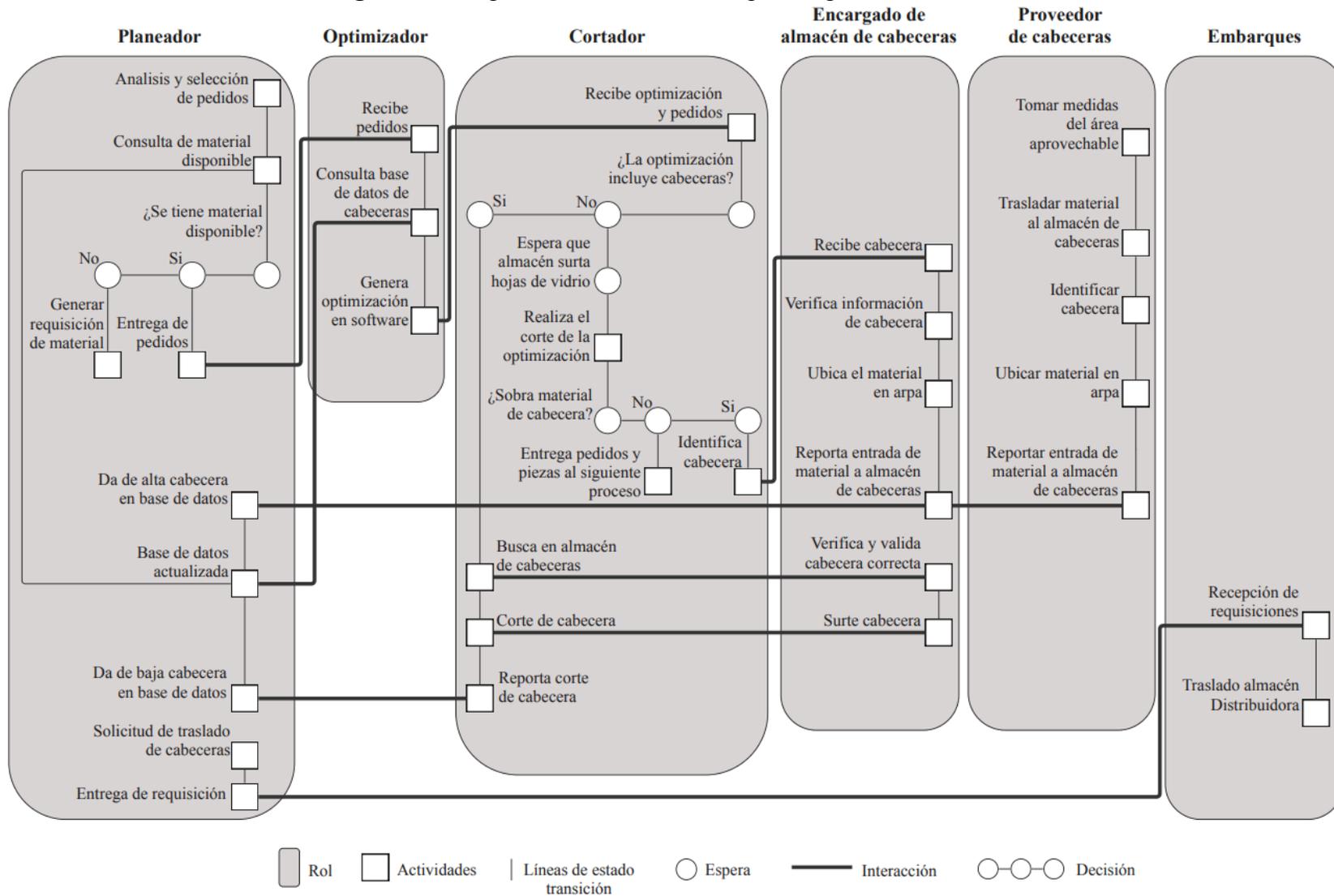
Figura 22. Carro preparado para traslado.



Nota. Solo se traslada material de baja rotación. Imagen propia.

Con el fin de actualizar el modelo inicial con los nuevos roles y nuevas funciones que corresponden a la implementación final, los hallazgos identificados se agregaron al Diagrama Rol Actividad que se muestra en la Figura 23. Este modelo final será nombrado como Sistema de Gestión de Cabeceras.

Figura 23. Diagrama final rol actividad para la gestión de cabeceras.



Nota. El diagrama final integra los nuevos roles, proveedor de cabeceras y embarques identificados durante la etapa de implementación. Adaptado de Flores, B. (2001).

La integración del sistema de gestión de cabeceras al sistema de trabajo se monitoreó durante un mes, en este periodo se ha observado una buena adopción por parte de los participantes, la comunicación activa por medio de la aplicación de mensajería era algo común en el grupo de producción y ha favorecido el reporte de cabeceras por dicho medio, esto ha permitido mantener actualizada la base de datos de cabeceras. Las áreas de Corte y Planeación, que eran vistas como las responsables de la obstrucción de las vías de tránsito y el uso de carros como anaqueles por otras áreas de producción, reportan una reducción en los reclamos de 3 en un día a dos por semana, derivando en un ambiente de trabajo más cordial y tranquilo para los cortadores (ver Figura 24), también se ha observado que el número de vidrios rotos en la zona de cabeceras ha disminuido de uno por semana a uno en tres semanas, estos eventos provocan la pérdida de material aprovechable e implican el consumo de tiempo productivo en actividades de limpieza. Con el nuevo sistema se ha reducido el número de movimientos realizados por parte de los cortadores para liberar y surtir cabeceras, empleando menor tiempo y esfuerzo en llevar a cabo dicha actividad, en parte gracias al cambio de anaqueles. Las mejoras observadas corresponden con la percepción de mejoría en el ambiente de trabajo que expresan los trabajadores del área de producción, especialmente los cortadores y el planeador.

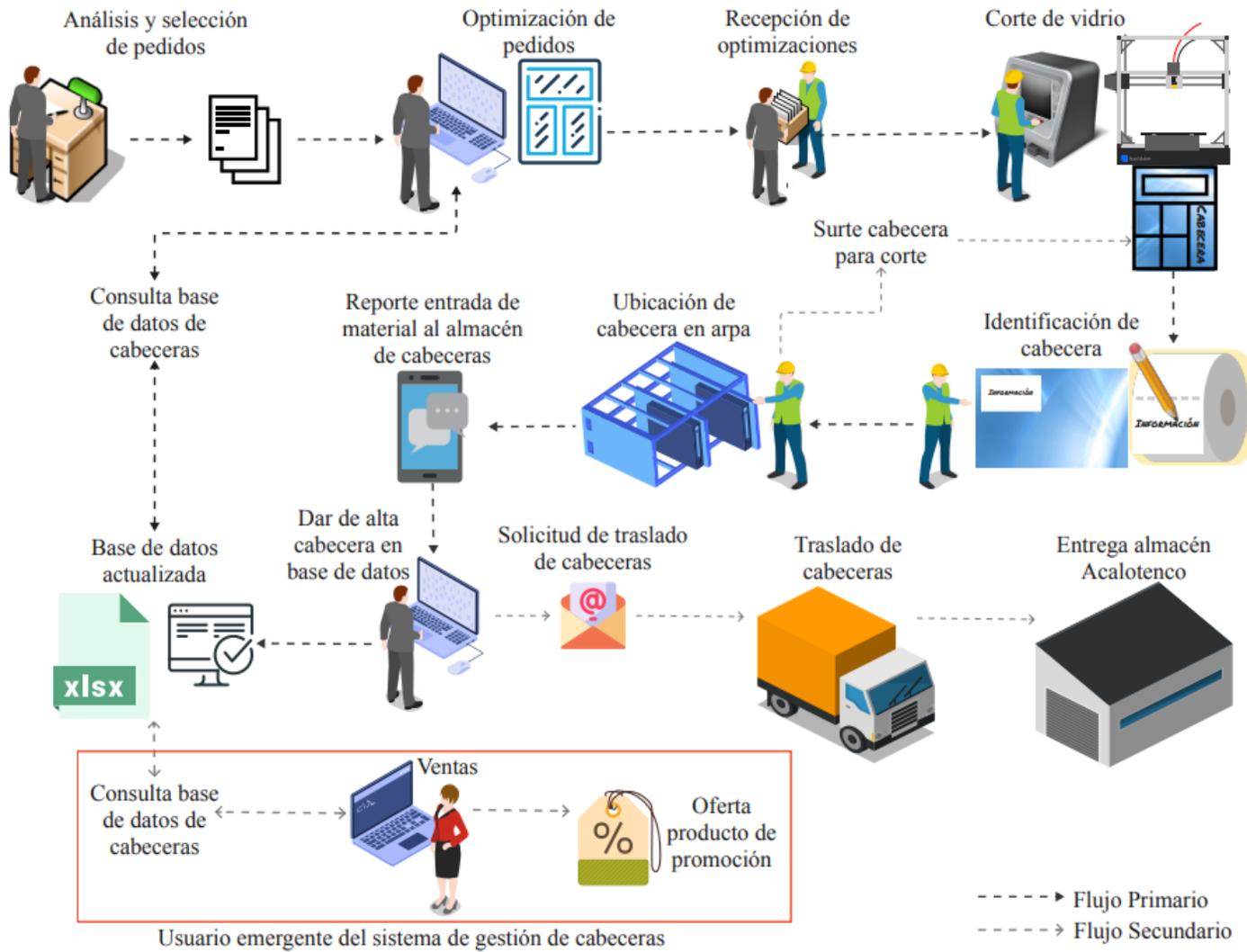
Figura 24. Frontera área automotriz, corte y templado.



Nota. Pasillo libre, del lado izquierdo se encuentra el área automotriz, del lado derecho el área de corte y al fondo uno de los hornos. Imagen propia.

Como resultado de la actualización de la base de datos, han surgido nuevos usuarios del sistema, principalmente miembros del departamento de ventas, quienes están ofertando productos de promoción (ver Figura 25). Debido a que el precio de una pieza está directamente relacionado con el aprovechamiento de la hoja de vidrio, la cotización en este caso se basa en el tamaño de la cabecera y el cálculo se realiza con una tarifa distinta. Esta iniciativa fue concebida en el área comercial y fue autorizada por los mandos altos. Dicha iniciativa favorece la salida de material del almacén, liberando ubicaciones en las arpas, lo que es esencial para mantener ubicaciones libres para colocar las nuevas cabeceras que se generan durante las operaciones diarias. Otra mejora importante para los mandos altos es poder llevar de manera más precisa la cuantificación de material de cabecera aprovechado, esta información será utilizada para tomar decisiones comerciales en un futuro.

Figura 25. Sistema de gestión de cabeceras.



Nota. La imagen muestra cómo se ejecuta el sistema de gestión de cabeceras. Se resalta a los usuarios emergentes que utilizan la información obtenida. Elaboración propia.

Discusión.

Como resultado de la implementación del método Análisis y Diseño Macroergonómico se lograron mejoras técnicas y administrativas que fueron incorporadas en el modelo de gestión de cabeceras, permitiendo visualizar, almacenar, abastecer y procesar el material de una manera más ágil. La dinámica social en el lugar de trabajo mejoró, especialmente en las áreas de automotriz, corte y templado, que estaban en constante conflicto por el manejo inadecuado del material. Se prevé que la permanencia en el tiempo de las prácticas conseguidas deriven en cambios y ajustes del propio sistema. Un ejemplo de esto es la nueva interacción por parte del subsistema comercial que pasó a ser usuario del modelo de gestión de cabeceras. Es por esto que el monitoreo del modelo es necesario para identificar variaciones que afecten el desempeño del nuevo estado del sistema de trabajo.

Es importante crear interfaces de comunicación entre los individuos que trabajan en el subambiente y la organización, ya que Robertson *et al.* (2002) advierte que las brechas de percepción son frecuentemente la causa de las discrepancias entre el sistema de trabajo y las expectativas organizacionales. En esta instancia, el uso del método dio como resultado el rediseño del sistema de trabajo para mejorar el flujo de información, definiendo la interacción entre las áreas encargadas del uso del material a través de formatos, etiquetas y dispositivos móviles habilitados para la comunicación.

Como se indica en la descripción del método de Análisis y Diseño Macroergonómico, el respaldo de la alta dirección y la cooperación de las personas involucradas en las actividades o procesos que deben modificarse, son cruciales para la implementación exitosa del método. Durante este proceso, diversas situaciones pueden modificar la forma en que participa el ergonomista o el equipo de diseño del sistema de trabajo, viendo limitado su alcance por cuestiones económicas, de confidencialidad o de autoridad, por estas razones se sugiere asumir los diferentes roles (antena, visionario, experimentador, conector y mentor) que plantea el proceso de Diseño Estratégico, según el nivel de acción e involucramiento que demanda la etapa del proceso y sus condiciones, además de siempre informar y documentar la realización de cada etapa.

Es importante señalar que el diseño, rediseño y gestión de un sistema de trabajo no pretende reducirse a la aplicación de una herramienta metodológica. Los métodos cubiertos en este

documento son prometedores, particularmente en situaciones donde se pretende mejorar conjuntamente factores humanos y técnicos. Como ya se mencionó, esto se puede lograr mediante el diseño y formalización de los canales de comunicación, una acción que puede realizarse incluso con recursos limitados gracias a la participación de las personas involucradas en los procesos, por esta razón el abanico de organizaciones que pueden utilizar este tipo de herramientas es amplio. El nivel del sistema de trabajo que se pretenda abordar es un factor a tener en cuenta al momento de elegir cualquiera de los instrumentos tratados. Si bien el resultado de la implementación de las corrientes conducirá a cambios en todos los niveles del sistema, se observa cierta especialización en los niveles en que funciona cada uno. Los métodos de análisis y diseño macroergonómico y de sistemas socio-técnicos actúan mejor en un nivel interorganizacional donde es necesario el desarrollo individual, los requerimientos de la red de apoyo organizacional, y las unidades de articulación para combinar metas y áreas de acción complementarias de diferentes actores individuales y organizacionales. La corriente de Ergonomía y Factores Humanos, que enfatiza las unidades operativas y el diseño de detalle, se sugiere para los niveles primarios. Cuando el campo de acción se encuentra en la frontera entre el sistema de trabajo y el entorno, es decir, en las interacciones con otras empresas, clientes o proveedores, se puede hacer uso de la corriente de Diseño Estratégico para el nivel macrosocial. El dominio y comprensión del método, que posea el especialista o equipo de trabajo, es otro criterio de selección, pues de las corrientes examinadas se desprende que tienen flexibilidad para ampliar y contraer su campo de acción, por medio de la incorporación, adaptación y modificación de las herramientas utilizadas para el análisis y diseño de sistemas de trabajo y sistemas en general. Por ejemplo, las áreas de ingeniería han implementado un software de sistemas de manufactura integrados por computadora (Rivera, 2013) y han diseñado una máquina laminadora (Sukendar, Arifin y Addin, 2020) utilizando el método de diseño y análisis macroergonómico. Es decir, las metodologías pueden ser aplicadas en diferentes sectores con las modificaciones y selección de herramientas adecuadas para el estudio y valoración de las características pertinentes que permitan alcanzar los objetivos planteados en cada caso.

En esta instancia, durante el desarrollo de la etapa de identificación de variaciones, se incorporó la ecuación NOSH, para evaluar la posibilidad de aparición de trastornos como lumbalgias o problemas de espalda, en la actividad de liberación de cabeceras. Con base en los resultados, se precisó necesario el cambio de la actividad, lo que se consiguió gracias a la sustitución de

anaqueles, sin embargo, se observa que esta actividad también se realiza en el resto de unidades operativas con las piezas en proceso, es por ello que, se recomienda profundizar en este tema. A partir de los resultados obtenidos en cada uno de los factores multiplicadores (ver Tabla 12), se sugiere iniciar con el tratamiento del multiplicador horizontal (HM), ya que este contiene el valor más bajo tanto en el origen como en el destino, es necesario que la distancia entre el cuerpo y la carga se mantengan constantes para reducir el esfuerzo al realizar la descarga del material. El siguiente factor crítico es el multiplicador de asimetría (AM), la rotación del tronco se debe reducir, lo ideal es que la carga esté de frente y no se rote el torso. Por último, a pesar de tener un valor de bajo impacto dentro de la ecuación, es necesario atender el multiplicador de acoplamiento, ya que el agarre del material está categorizado como malo, por las características de la carga que no cuenta con hazas y el contorno del material es afilado, además de la postura forzada que incluye rotar el codo y sostener el panel de vidrio con un agarre en forma de pinza. Estas variables pueden cambiar al incorporar algún equipo auxiliar de los ya disponibles en el mercado para modificar la postura y el agarre. Las variables que se han identificado como críticas en este estudio, pueden orientar el proceso de diseño en futuras investigaciones para el desarrollo de ayudas técnicas que permitan realizar la manipulación del vidrio plano con menor riesgo de lesión.

Finalmente, es importante fortalecer la validez del método análisis y diseño macroergonómico para el análisis, diseño y gestión de sistemas de trabajo, por medio de la aplicación de este en un mayor número de organizaciones, que servirán para validar el impacto positivo que puede brindar esta corriente a las organizaciones, al promover el equilibrio de los factores humanos y técnicos, para conseguir el correcto desempeño del sistema de trabajo.

Conclusión.

Para atender la cuestión sobre como diseñar y analizar sistemas de trabajo que procuren el equilibrio de los factores humanos y técnicos, se identificaron y estudiaron cuatro corrientes que dieron origen a los principios para analizar, diseñar y gestionar sistemas de trabajo: Ergonomía y Factores Humanos, La teoría de los Sistemas Socio-técnicos, la Macroergonomía y el Diseño Estratégico. Se destaca la corriente de Macroergonomía que unifica los principios de Ergonomía y Factores Humanos con la teoría de Sistemas Socio-técnicos.

Se diseñó e implementó un sistema de trabajo en una empresa procesadora de vidrio, aplicando el método Análisis y Diseño Macroergonómico (MEAD). A partir de la implementación se generó un sistema de gestión de cabeceras que ayudó a conciliar las expectativas operativas con la realidad de las actividades y trajo consigo mejoras para la organización y para los trabajadores, con ello se prueba el potencial de cambio y valor agregado se puede obtener, al procurar el equilibrio de lo técnico con lo humano, para conseguir el correcto desempeño del sistema de trabajo.

Se consiguió mejorar la interacción del área comercial con el área productiva, a partir de la cual generaron una estrategia comercial, se espera que junto con el mayor control y aprovechamiento del material, estas mejoras se vean reflejadas en el rendimiento global de la organización. Los ajustes en el nivel primario han permeado a los niveles organizacionales e interorganizacionales, confirmando que las mejoras del diseño de un sistema de trabajo que procura el equilibrio de los factores humanos y técnicos genera mejoras globales, la hipótesis planteada es afirmativa.

Se reconoce la oportunidad para incorporar en el método MEAD los roles planteados por De-Melo (2017) en su modelo de proceso de Diseño Estratégico, para orientar la postura que pueden tomar los involucrados en el análisis, diseño y gestión de un sistema de trabajo, cuando las restricciones económicas, de confidencialidad o de autoridad limitan su acción.

Se recomienda profundizar en el estudio de manipulación de carga de vidrio plano. La evaluación realizada con la ecuación de NIOSH puede servir para orientar un proceso de diseño en futuras investigaciones para el desarrollo de ayudas técnicas que mejoren las variables críticas, como son, la distancia entre el cuerpo y la carga, disminuir la asimetría y mejorar el acoplamiento.

Referencias.

Asociación Internacional de Ergonomía (AIE) y Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2020). Principios y Directrices de Ergonomía/Factores Humanos para el Diseño y Gestión de Sistemas de Trabajo. Recuperado de:

http://www.ulaergo.com/archivos/Principios_y_Directrices_de_EFH_para_el_Dise%C3%B1o_y_Gesti%C3%B3n_de_Sistemas_de_Trabajo_v1.pdf

Alter, S. (2013). Work System Theory: Overview of Core Concepts, Extensions, and Challenges for the Future. *Journal of the Association for Information Systems*, 14(2). DOI: 10.17705/1jais.00323

Argyris, C. (1996). Actionable knowledge: design causality in the service of consequential theory. *J. Appl. Behav. Sci.* 32(4), 390–406.

Arnold, M. y Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebio*, núm. 3. Universidad de Chile.

Ayu, S., Nurul, L. y Ginting R. (2022). Macroergonomic Analysis and Design for Optimizing the Work Environment: A Literature Review. *Jurnal Sistem Teknik Industri (JSTI)* Vol. 25, No. 1. p. 56 –64. Recuperado de: DOI 10.32734/jsti.v25i1.9286.

Bauer, J. y Herder, P. (2009). Designing socio-technical systems. Editor(s): Anthonie Meijers, In *Handbook of the Philosophy of Science, Philosophy of Technology and Engineering Sciences*, North-Holland, Pages 601-630, ISSN 18789846, ISBN 9780444516671, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51667-1.50026-4>.

Baxter, G., Sommerville, I. (2011). Socio-technical systems: from design methods to systems engineering. *Interact. Comput.* 23(1), 4–17.

Bellgran, M. y Säfsten, K. (2010). *Production Development: Design and Operation of Production Systems*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-495-9>

Blanco, M. & Duggar, M. (1998). Macroergonomics class unpublished technical report. Blacksburgh, VA: Virginia Polytechnic Institute and State University.

- Boland, R., Collopy, F., Lyytinen, K. y Yoo, Y. (2008). Managing as designing: lessons for organization leaders from the design practice of Frank Gehry. *Design Issues*, Vol. 24 No. 1, pp. 10-25, doi: 10.1162/desi.2008.24.1.10.
- Boxall, P. Macky, K. (2014). High-involvement work processes, work intensification and employee well-being. *Work, Employment and Society*. 28(6):963-984. doi:10.1177/0950017013512714.
- Buchanan, R. (2015), Worlds in the making: design, management, and the reform of organizational culture. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, Vol. 1 No. 1, pp. 5-21, doi: 10.1016/j.sheji.2015.09.003.
- Cañas, J. (2011). Ergonomía en los sistemas de trabajo. Granada: Blanca Impresores S.L.
- Carayon, P. (2011). Handbook of human factors and ergonomics in health care and patient safety, Boca Raton: CRC Press.
- Clegg, C., Ravden, S., Corbett, M. & Johnson, S. (1989). Allocating functions in computer integrated manufacturing: A review and new method. *Behavior and Information Technology*, 8, 175-190.
- Combarros, A. (2013). Aplicación de la ecuación NIOSH en un almacén. Tesis Maestría. Universidad de Valladolid. España.
- De Mello, K. (2017). From strategic planning to the designing of strategies: A change in favor of strategic design. *Strategic Design Research Journal*, 10(2): 91-96. Unisinos- doi:10.4013/sdrj.2017.102.01.
- De Mello, K. (2017). From strategic planning to the designing of strategies: A change in favor of strategic design. *Strategic Design Research Journal*. Vol. 10(2). p. 91-96. By Unisinos. doi: 10.4013/sdrj.2017.102.01
- Deming, W. E. (1986). Out of the crisis. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study
- Diego-Mas, Jose Antonio. (2015). Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Consulta [14-04-2023]. Recuperado de: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>

Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W., Wilson, J., Van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55(4), 377–395. doi:10.1080/00140139.2012.661087

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2018. Recuperado de:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/489911/ENAPROCE_2018_Conferencia_Prensa_2Sep19.pdf

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Resultados Definitivos de los Censos Económicos (CE) 2019. Recuperado de:
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/CenEconResDef2019_Nal.pdf.

Emery, F. (1980). Designing Socio-Technical Systems for “Greenfield” Sites. *Journal of Occupational Behaviour*, 1(1), 19–27. <http://www.jstor.org/stable/3004061>

Flores, B. (2001). Diseño y Desarrollo de una Herramienta de Soporte para el Estudio de Procesos Organizacionales. Tesis de Maestría. CICESE. 2001. Recuperado de:
<https://ingti.files.wordpress.com/2011/10/modelado-de-procesos.pdf>.

Franzato, C. (2020). Diseño estratégico para la innovación social y la sostenibilidad Strategic design for social innovation and sustainability. *Estudos em Design | Revista* (online). v. 28. n. 1. p. 27 – 37. ISSN 1983-196X. Rio de Janeiro.

Franzato, C., Del Gaudio, C., Bentz, I., Parode, F., Borba, G. y Freire, K., (2015). Inovação Cultural e Social: design estratégico e ecossistemas criativos. In: K. FREIRE (org.), *Design Estratégico para a Inovação Cultural e Social*. São Paulo, Kazuá. p. 157-182.

Friedman, K. (2016). Three thousand years of designing business and organizations. *Designing Business and Management*. *En Designing Business and Management*, Bloomsbury Publishing, New York, pp. 67-80.

Gallego, C., Mejía G. y Calderón G. (2020). Strategic design: origins and contributions to intellectual capital in organizations. *Journal of Intellectual Capital*. Emerald Publishing Limited 1469-1930. DOI 10.1108/JIC-10-2019-0234

- García, G. y Lange, K. (2010). La ergonomía como estructura de innovación en la ingeniería de proyectos de organizaciones productivas. Trabajo presentado en XIV International Congress on Project Engineering. Madrid, España.
- García, S. D. (2013). Lo humano en la Teoría de las Organizaciones. *Visión gerencial*, (1), 45-57. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545895008.pdf>
- Garza, E. (2009). Hacia un concepto ampliado de trabajo. Trabajo, empleo, calificaciones profesionales, relaciones de trabajo e identidades laborales. Vol. I. Argentina. Recuperado de: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20160216041739/07.pdf>
- González, M., y Campelo, M. (2004). Planificación interorganizacional y desarrollo emprendedor: un estudio de caso. In *Anais da III Conferencia Internacional de Pesquisa em Empreendedorismo na América Latina (CIPEAL)*, Río de Janeiro (pp. 11-13).
- Groesbeck, R., Sienknecht, T. y Merida, O. (1998). Macroergonomics class unpublished technical report, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburgh, VA.
- Groove, M. (2014). *Work Systems: The Methods, Measurement and Management of Work*. Pearson Education Limited. England.
- Groover, M. P. (2007). *Work systems and the methods, measurement, and management of work*. New York Pearson, Ed.1st ed.
- Guimaraes L., y Fogliatto F. (1999). Design macroergonómico. Trabajo presentado en el IX Congreso Brasileiro de Ergonomía.
- Helander, M. (1999). Seven common reasons to not implement ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25 (1), 97–101.
- Hendrick H. (1991). Ergonomics in organizational design and management. *Ergonomics* 34 (6): 743 – 756. DOI: 10.1080/00140139108967348
- Hendrick, H. (1995). Future directions in macroergonomics. *Ergonomics*, 38(8), 1617–1624. doi:10.1080/00140139508925213.
- Hendrick, H. (1997). Organizational design and macroergonomics. In *Handbook of human factors and ergonomics*. vol. 2, p. 594-627. Academic Press.

Hendrick, H. W., & Kleiner, B. M. (Eds.). (2002). *Macroergonomics: Theory, methods and applications*. Mahwah, NJ: Erlbaum

Hendrick, H. y Kleiner, B. (2000). *Macroergonomics: an introduction to work system design*. *Human Factors and Ergonomics Society*, Santa Monica, CA.

Hendrick, H.W. (2005). An overview of macroergonomics. *Ergonomics: The History and Scope of Human Factors*, 1, 38.

Imanghaliyeva, A. Thompson, P. Salmon, P. and Stanton, N. (2020). A Synthesis of Sociotechnical Principles for System Design. F. Rebelo and M. M. Soares (Eds.): AHFE 2019, AISC 955, pp. 665–676, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20227-9_63.

Ingelgard, A. (1996). *Ergonomics and macroergonomics as theories and methods for work design and change*. Sweden: Goteborg University. Thesis for degree of licentiate in Psychology - Department of Psychology, Goterborg University.

International-Ergonomics-Association (IEA). (2013). *The Discipline of Ergonomics*. IEA

Kleiner, B. (1998). Macroergonomic analysis of formalization in a dynamic work system.

Applied Ergonomics: 29 (4): 255 – 259. Recuperado de:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9701539>

Kleiner, B. (2006). *Macroergonomics: Analysis and design of work systems*. *Applied Ergonomics*. vol. 37, no. 1, pp. 81-89

Liem, A. (2015). *A framework for prospective ergonomics: Comparative studies of strategic design and prospective ergonomics based on 12 cases*. Business administration. Université de Lorraine. Recuperado de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01754495v2>

Liem, A. y Brangier, E. (2015). Strategic design and prospective ergonomics: differences, similarities and relationships. *The value of design research*. 11th European Academy of Design Conference. Paris.

Manrique, K. (2013). *Desarrollo de sistemas socio técnicos en el área de seguridad y salud en el trabajo de una empresa de servicios*. [Tesis de Maestría]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5517>

- Manrique, K. y González, D. (2015). Enfoque socio técnico en empresas de servicios tecnológicos del Perú. XVI congreso Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica e Innovación – ALTEC. Recuperado de: <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/1062.pdf>.
- Manzini, E. y Vezzoli, C. (2003). A strategic design approach to develop sustainable product service systems: examples taken from the “environmentally friendly innovation” Italian prize. *Journal of Cleaner Production*, 11(8), 851–857. doi:10.1016/s0959-6526(02)00153-1
- Meroni, A. (2008). Strategic design: where are we now? Reflection around the foundations of a recent discipline. *Strategic Design Research Journal*, Vol 1. p. 31-38. By Unisinos. doi: 10.4013/sdrj.20081.05.
- Moray, N. (2005). Ergonomics: The history and scope of human factors (Vol. 1). Taylor & Francis.
- Mumford, E. (2006). The story of socio-technical design: reflections on its successes, failures and potential. *Inf. Syst. J.* 16(4), 317–342.
- Murphy, L., Robertson, M. y Carayon, P. (2014). The next generation of macroergonomics: Integrating safety climate. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 68. P. 16-24, ISSN 0001-4575. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.11.011>.
- Neffa, J. (2003) El trabajo humano contribuciones al estudio de un valor que permanece. Asociación Trabajo y Sociedad. Lumen-Humanitas, ISBN 987-00-0373-7
- Neumann, W.P. y Dul, J. (2010). Human factors: Spanning the gap between OM and HRM. *International Journal of Operations & Production Management*, 30 (9), 923–950.
- Niepce, W., & Molleman, E. (2011). A case study Characteristics of work organization in lean production and sociotechnical systems. *Work Organization in Lean Production*, 77-89.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2015) Plan de Acción Sobre la Salud de los Trabajadores para el periodo 2015-2025. Recuperado de: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/33983>.
- Ould, M. (1995). Business Processes: Modelling and Analysis for Reengineering and Improvement. John Wiley & Sons. Chichester.

- Ovalle, A. y Cárdenas, D. (2019). Los sistemas de trabajo desde el campo profesional de la Ingeniería Industrial: revisión de la literatura. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. VI, núm. 23, pp. 77-96. Universidad de Carabobo.
- Pasmore, W. (1988). *Designing effective organizations: The sociotechnical systems perspective*. New York: Wiley.
- Peiro, J. (2004). *El sistema de trabajo y sus implicaciones para la prevención de los riesgos psicosociales en el trabajo*. Universidad de Valencia. España.
- Prado, L. (2001). *Ergonomía y lumbalgias ocupacionales*. Universidad de Guadalajara. México
- Ramage, M., Shipp, K. (2009). *Systems Thinkers*, pp. 267–277. Springer Science & Business Media. Chapter 29
- Rasmussen, J., (2000). Human factors in a dynamic information society: where are we heading? *Ergonomics*, 43 (7), 869–879.
- Rivera, L. (2013). Application of macroergonomics principles in the implementation of computer integrated manufacturing systems. *Heuristics* Vol. 147.
- Robertson, M., Kleiner B. and O'Neill, M. (2002). *Macroergonomic Methods: Assessing Work System Processes*. *Macroergonomics: Theory, methods and applications*. Mahwah, NJ: Erlbaum. pp. 67-96.
- Rodea, A. (2021). *Riesgos físicos, posturales, carga, movimientos repetitivos*. Diplomado en ergonomía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sink, D. y Tuttle, T. (1989). *Planning and measurement in your organization of the future*. Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press.
- Sukendar, I., Arifin, B., & Addin, F.S. (2020). Analysis and Design of Coil Rolling Machines on Robot Solenoids using Macroergonomic Analysis Method and Design (MEAD) and Rapid Entire Body Assesment (REBA) Based on Arduino Microcontroller. *International Journal of Education, Science, Technology, and Engineering*.
- Sztarcsevszky, G. (2019). Contribución de la macroergonomía al estudio de la adaptación humana al trabajo. *Ergonomía Investigación y Desarrollo*. Vol 1(2): 51-70. ISSN 2452-4859

Taveira Filho A. (1993) Ergonomia participativa: Uma abordagem efetiva em macroergonomia. *Produção* 3 (2), 87 – 95. DOI: 10.1590/S0103-65131993000200002

Tejeda A. (2011). Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*. Vol. XXXVI, núm. 2, 276-310. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/870/87019757005.pdf>

Trist, E. (1981). The Evolution of Socio-technical Systems: A Conceptual Framework and an Action Research Program: Ontario Ministry of Labour, Ontario Quality of Working Life Centre.

Trist, E., Bamforth, K. (1951). Some social and psychological consequences of the Longwall method of coal-getting: an examination of the psychological situation and defences of a work group in relation to the social structure and technological content of the work system. *Hum. Relat.* 4(3), 3–38.

Whittington, R. (2001). What is Strategy- and does it matter. 2nd edition, Cengage Learning EMEA, UK.

Williamson, O. (2000). The New Institutional Economics: taking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature*, 38, 595-613.

Wood, R. (1999). The future of strategy: the role of the new sciences. In: M. LISSACK; H. GUNZ (ed.), *Managing Complexity in organizations: a view in many directions*. Westport, Quorum Books, p. 118-164.

Yousef, R., Odeh, M., Coward, D., y Sharieh, A. (2011). Translating RAD Business Process Models into BPMN Models: A Semi-Formal Approach. *IJWA*. 3. 187-196.