

ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y DISEÑO DE PLANTA PARA LA LÍNEA BED LAB,
ANTES DR. LINHO, DE LÍNEAS HOSPITALARIAS LH S.A.S.

JHONATAN ARENAS HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2017

ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y DISEÑO DE PLANTA PARA LA LÍNEA BED LAB,
ANTES DR. LINHO, DE LÍNEAS HOSPITALARIAS LH S.A.S.

JHONATAN ARENAS HERNÁNDEZ

Trabajo de Grado para optar al título de:
Ingeniero Industrial

Director

Ingeniero. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2017

DEDICATORIA

En nuestra vida siempre habrá metas que alcanzar, sueños por realizar y lo más gratificante es llegar al final de alguna de ellas, máxime si ésta se convierte en un impulso para alcanzar nuevos ideales.

Hoy me siento orgulloso de mí, porque he podido traspasar todas las barreras para finalizar esta etapa en mi vida y dar pie para el comienzo de muchas otras.

Ésta meta no la habría podido alcanzar sin la gran ayuda de Dios, fuente de toda sabiduría que ilumina mi camino a lo largo de la vida.

En adelante llevaré cada día con más ilusión y orgullo éste triunfo alcanzado gracias a mis padres Humberto Arenas y Fanny Hernández, quienes con su gran esfuerzo y ayuda, me han brindado la fuerza y los medios para alcanzarlo, a mi familia, quienes con su compañía y cariño han contribuido a que mi avance por ésta etapa haya sido muy placentera, y a mi novia y mejor amiga Angélica Duarte quien ha estado ahí siempre para ayudarme, brindarme su amor y apoyarme siempre sin condición alguna; A ellos les debo la felicidad que siento en este momento y las buenas cosas que me traerá la vida después de ésta etapa.

Jhonatan Arenas Hernandez.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi guía y mi luz en los momentos más difíciles de éste camino y en general de mi vida.

A mis padres, por ser mi soporte y mi ejemplo día con día, por llenarme de su sabiduría y su apoyo incondicional intentando hacer de mí una mejor persona, pero además apoyándome para alcanzar cada uno de mis objetivos en la vida.

A Angélica Duarte, mi novia y lo más importante mi mejor amiga, quien cada día ha estado ahí para mí, para trabajar a mi lado por alcanzar nuestras metas, para ser crítica con mi trabajo y con mi vida pero además para ser un soporte con el cual me pueda levantar de cada caída.

A LH SAS, por brindarme la oportunidad y confiar en mis capacidades para desarrollarme como profesional y aportar al crecimiento de la organización.

Al profesor Carlos Díaz por ser una guía importante para conseguir ésta meta, por tenerme paciencia y apoyar mi labor.

Al señor Juan Diego Restrepo, por su ejemplo y guía en el ámbito profesional, por ser una persona que cree en el talento joven y por creer en mí.

A Federico Restrepo porque en tan poco tiempo me enseñó grandes lecciones para la vida, una de ellas, que la vida es muy corta para no dar el 100% de tus capacidades con cada cosa que te propongas.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	24
3. OBJETIVOS	26
3.1. Objetivo General:.....	26
3.2. Objetivos Específicos:	26
4. RESULTADOS ESPERADOS.....	27
5. MARCO DE REFERENCIA.....	28
5.2. MARCO DE ANTECEDENTES	29
5.3. MARCO TEÓRICO:.....	31
5.3.1. Despilfarro:.....	31
5.3.2. Distribución de planta:.....	32
5.3.3. Método Guerchet para hallar el área requerida de un puesto de trabajo: .	32
5.3.4. Categorías de proyectos de redistribución de planta	34
5.3.5. Principios de la distribución de planta:	35
5.3.6. Formatos básicos de la distribución para la producción:.....	36
5.3.7. Formulación del problema de distribución de planta (FLP)	37
5.3.8. Metodología SLP para la distribución de plantas:	38
6. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	40
6.1. Análisis del diseño de las instalaciones:.....	40
6.1.1. Almacenes de Materia Prima Pesada y de Materia Prima Especial:.....	41
6.1.2. Zona de corte:	41
6.1.3. Zona de doblado:	43
6.1.4. Áreas de soldadura:	43
6.1.5. Zona de torneado:.....	44
6.1.6. Pintura:.....	44
6.1.7. Zona de ensamble final:	44
6.1.8. Oportunidades de mejora a partir del análisis del diseño de las instalaciones actuales:.....	45

6.2. Análisis del sistema productivo:.....	48
6.2.1. Análisis de la producción y la demanda:	48
6.2.2. Análisis de despilfarros:	51
6.3. Diagnóstico de la situación actual y la capacidad productiva:	58
6.3.1. Estudio de tiempos:.....	58
6.3.2. Estudio de métodos para las operaciones de soldadura:	66
6.3.3. Capacidad requerida para suplir la demanda.....	68
6.4. Requisitos de infraestructura pendientes en la distribución actual:	74
6.4.1. Zona de Recepción:	74
6.4.2. Zona de Inspección:	75
6.4.3. Área de Cuarentena:	75
6.4.4. Zona de Rechazos de Materia Prima:	76
6.4.5. Almacén de Materia Prima Limpia:.....	76
6.4.6. Zona de doblado de lámina:.....	76
6.4.7. Almacén de semielaborados:	77
6.4.8. Almacenamiento transitorio de producto ensamblado:.....	77
6.4.9. Zona de pintura:	79
6.4.10. Laboratorio de pruebas y control de calidad:.....	80
6.4.11. Zona de ensamble final:	80
6.4.12. Zona de acondicionamiento y embalaje:	80
6.4.13. Zona de despacho:.....	81
6.5. Análisis de los procesos, mejoramiento y estandarización:.....	82
6.5.1. Mejoras planteadas para cada zona o área:	82
6.5.2. Áreas y zonas accesorias (requisitos legales).....	88
6.5.3. Otros requisitos legales para las instalaciones físicas:	90
6.5.4. Requisitos normativos para el diseño y estandarización de los procesos:.....	91
6.6. Formato de distribución de la producción:	93
6.7. Diseño de los puestos de trabajo:	95
6.8. Desarrollo y selección de la propuesta más adecuada:	96
6.8.1. Restricciones de espacio:	96

6.8.2. Requerimientos de la gerencia para el diseño de la planta:	97
6.8.3. Desarrollo de las propuestas:.....	98
6.9. Modelado de la propuesta seleccionada:	101
6.10. Evaluación y mejora continua:.....	103
7. CONCLUSIONES	105
8. RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFIA.....	108

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Ventas totales anuales de Líneas Hospitalarias S.A.S.	20
Tabla 2 Crecimiento anual total y por unidad de negocios	21
Tabla 3. Oportunidades de mejora en las áreas de la distribución de planta original.	45
Tabla 4 Datos de producción de Bed Lab por familias de productos (2015).....	49
Tabla 5. Identificación de despilfarros (5MQS)	52
Tabla 6. Tamaño de la muestra en estudio de tiempos por cronómetro.	60
Tabla 7. Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos	64
Tabla 8. Tabla para asignar los suplementos por descanso y necesidades personales a cada elemento.	65
Tabla 9. Promedio de capacidad de producción por área para la CHE-3M-3A-4P V2 (Anexo F)	66
Tabla 10 Demanda mensual y crecimiento entre 2015 y 2016	70
Tabla 11 Demanda estimada para 2017	71
Tabla 12 Ejemplo cálculo de áreas por puesto de trabajo	96

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cronometro CASIO HS-3(V) usado para tomar los tiempos.....	61
Ilustración 2. Muestra del formato utilizado para el registro de datos de tiempos. .	62
Ilustración 3 soldado de estructura inferior para la referencia CHE-3M-3A-4P V2	67
Ilustración 4. Render estructura inferior para CHE-3M-3A-4P V2.....	67
Ilustración 5. Ejemplo diseño de puesto de trabajo.....	96
Ilustración 6 Diagrama de relación entre áreas propuesta 1	98
Ilustración 7. Diagrama de relación entre áreas con las áreas por puesto de trabajo, propuesta 2	99
Ilustración 8. Propuesta aprobada (segunda), ajustada a las dimensiones de la planta.	100

LISTADO DE GRAFICOS

Gráfico 1 Representación de las ventas totales de los últimos 4 años para Líneas Hospitalarias S.A.S.	20
Gráfico 2 Comparación del crecimiento por unidad de negocios	21
Gráfico 3 Producción Bed Lab 2015 por familias de productos	50
Gráfico 4 Cambio sugerido en el almacenamiento amortiguador de producto terminado	78

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. PLANO BED LAB ANTIGUO.....	23
ANEXO B. FOTOGRAFÍAS DE LA PLANTA ACTUAL.....	23
ANEXO C. LISTA DE CHEQUEO ANÁLISIS DE DESPILFARROS 5MQS.....	51
ANEXO D. DIAGRAMAS DE OPERACIÓN ACTUALES.....	59
ANEXO E. TABLAS DE TIEMPOS NORMALIZADOS POR PROCESO.....	62
ANEXO F. TIEMPOS DE CICLO POR PRODUCTO.....	59
ANEXO G. DETERMINACIÓN DE ÁREAS POR PUESTO DE TRABAJO (GUERCHET).....	95
ANEXO H. PROPUESTA DE DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO.....	96
ANEXO I. PROPUESTA DISEÑO DE ESTANTERIA TUBERÍA.....	45
ANEXO J. PLANOS DE FABRICACIÓN (ARBOL DE PROCESOS).....	59
ANEXO K. LISTADO DE OPERACIONES Y SUS ELEMENTOS.....	59
ANEXO L. MATRIZ DE RELACIONES ENTRE ÁREAS.....	98
ANEXO M. DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	98
ANEXO N. PLANO CON PROPUESTAS.....	100
ANEXO O. DISEÑO FINAL DE LA PROPUESTA.....	100
ANEXO P. MODELADO DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	101
ANEXO Q. INDICADORES DE SIMULACIONES.....	102
ANEXO R. DIAGRAMA DE OPERACIÓN PARA LA CHE-3M-3A-4P V2 CON MEJORAS PROPUESTAS.....	72
ANEXO S. CÁLCULO DE LA DEMANDA PARA EL PRODUCTO REPRESENTATIVO DE BED LAB.....	69
ANEXO T. PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN DIAGRAMA DE GANTT PARA CHE-3M-3A-4P V2.....	73

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y DISEÑO DE PLANTA PARA LA LÍNEA BED LAB, ANTES DR. LINHO, DE LÍNEAS HOSPITALARIAS LH S.A.S.*

AUTOR: JHONATAN ARENAS HERNÁNDEZ**

PALABRAS CLAVE: LAYOUT, ANÁLISIS DE PROCESOS, ESTUDIO DE TIEMPOS, PRODUCCIÓN, SIMULACIÓN, FLEXSIM

DESCRIPCIÓN:

LH SAS es una empresa del sector salud, que participa en el mercado comercial de dispositivos y que atendiendo a la necesidad de asegurar la continuidad del negocio ha migrado su estrategia hacia el impulso de la fabricación y comercialización de Dispositivos Médicos propios.

Como parte de su estrategia, y atendiendo a la creciente demanda del mercado, LH SAS ha decidido trasladar uno de sus procesos productivos, el de mobiliario hospitalario, hacia una locación que le permita una mejor organización de sus procesos productivos, requiere entonces que se le realice un diseño de planta ajustado a sus necesidades.

Para ello, se inicia con un análisis y diagnóstico de los principales problemas a atacar y mejorar en la nueva planta productiva, después se realiza un estudio de tiempos sobre los procesos actuales, revisando los recursos que generen restricciones importantes al proceso productivo, se realiza un análisis más profundo de los problemas que generan las restricciones, a continuación se proponen oportunidades de mejora a dichos recursos y se realizan pruebas en planta para determinar la mejora en tiempos que genera la implementación de las propuestas. Finalmente se realiza un análisis de la demanda, con los tiempos establecidos para el sistema productivo y las propuestas implementadas se determina si éste se encuentra en capacidad de suplir la demanda.

Con el proceso productivo mejorado, se realiza el diseño de la planta atendiendo a la metodología SLP, diseñando inicialmente los puestos de trabajo de acuerdo con los requerimientos por área y finalmente ubicando los puestos de trabajo teniendo en cuenta las restricciones normativas y físicas, de manera que se maximice la proximidad entre las áreas que se relacionen entre sí. Para terminar se modela el diseño de la planta junto con tres posibles escenarios y se presentan los resultados de mejora obtenidos.

*Proyecto de grado

**Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales Ingeniería Industrial. Director, Ing. Esp. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez Tutor. Ing. Luis Eduardo Rangel Sarmiento.

ABSTRACT

TITLE: CAPACITY ANALYSIS AND PLANT DESIGN FOR THE LINE BED LAB, BEFORE DR. LINHO OF LINEAS HOSPITALARIAS LH S.A.S.*

AUTHOR: JHONATAN ARENAS HERNÁNDEZ**

KEYWORDS: LAYOUT, PROCCES ANALISYS, TIMES STUDY, MANUFACTURYING, SIMULATION, FLEXSIM

LH SAS is a health sector company, which participates in the commercial market of medical devices, attending to the need ensuring business abidance, it has migrated its strategy towards promoting the manufacturing and commercialization of its own Medical Devices.

As a part of its strategy, and in response to the growing market demand, LH SAS according to their needs has decided to move one of its productive processes (the hospital furniture) to a location that allows a better organization of its production processes.

This decision starts with an analysis and diagnostic of the main problems to be traded and the improvement in the new production plant, Then a times study is made about the current processes, revising the resources that generate important restrictions to the productive process, A more in-depth analysis is made of the problems generated by the restrictions, then opportunities are proposed to improve the resources, And tests in the plant are made to determine the times improvements generated by the proposals implementation. Finally an analysis of the demand is made, with the established times for the productive system and the implemented proposals, it is determined if the plant is able to supply the demand.

With the production process improved, the design of the plant according to the SLP methodology is done, initially designing the work places according to the area requirements and finally placing them having into account the normative and physical restrictions to maximize the proximity between areas that are related each other. Finally, the design of the plant is modeled along with three possible scenarios and the improvement results obtained are presented.

*Graduation Project

**Faculty of Fisicomecanics Engineering. School of Industrial and Business Studies, Industrial Engineering. Director, Eng. Esp. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez. Tutor, Eng. Luis Eduardo Rangel Sarmiento.

INTRODUCCIÓN

La distribución de planta tiene como objetivo la máxima aproximación al aprovechamiento de los espacios físicos de la planta encaminada a alcanzar los objetivos del proceso que allí se lleva a cabo de la forma más eficiente posible.

Inicia con el diseño de los puestos de trabajo y un análisis de proximidad de los mismos, de acuerdo con las relaciones que existen entre ellos en el proceso productivo de cada referencia, se debe tener en cuenta la programación de la producción de la planta y a su vez ésta debe ser coherente con una estimación de la demanda.

La verdadera complejidad de un análisis de diseño de planta se presenta a la hora de ajustarse a las diferentes restricciones, y no solo las de espacio sino las de utilidad del mismo, por ejemplo, una restricción muy común puede ser el peso y la vibración de la maquinaria, o el flujo de ingreso de la materia prima, de los insumos o del producto en proceso, o restricciones de Seguridad y salud en el trabajo como áreas de pasillo, rutas de evacuación, e incluso la ergonomía del puesto de trabajo.

En Líneas Hospitalarias (LH SAS) se cuenta con diferentes líneas de producto y aunque el fuerte de la compañía se encuentra en la comercialización de dispositivos médicos tanto importados como nacionales, una de las líneas estrella corresponde a los dispositivos médicos de la línea blanda y podología; éstos dispositivos no son comprados, son producidos por Líneas Hospitalarias bajo la marca Body Help y son llamados “los productos de la cajita azul” muy populares en el sector desde hace más o menos 7 años, con un posicionamiento actual de la marca contundente en el mercado nacional para el sector al cual van dirigidos.

Hoy en día Líneas Hospitalarias pretende nuevamente impulsar la industria nacional incursionando en la fabricación de un nuevo tipo de dispositivos médicos, sobre los cuales existen ambiciosas expectativas por parte de la compañía para incursionar en un mercado que presenta buenas proyecciones y que hasta ahora se estaba atendiendo desde Líneas Hospitalarias y sus competidores con importaciones de productos chinos, que si bien satisfacen la necesidad no tienen la durabilidad y el servicio post-venta que se puede garantizar con un producto nacional. Se habla de mobiliario hospitalario en general como una línea cuya familia de productos estrella son las camas hospitalarias. Para ello, el Señor Juan Diego Restrepo Agudelo, Gerente general y principal accionista de Líneas Hospitalarias S.A.S. ha decidido desplegar los recursos y el personal necesario para que éste nuevo proyecto se posicione en el mercado por la calidad de sus productos y que ésta se garantice desde el proceso productivo.

Inicialmente hubo ingenieros mecánicos de la UIS diseñando y prototipando las diferentes referencias de productos, incluso muchos de éstos prototipos han pasado todas las pruebas hechas y se han puesto en el mercado obteniendo excelentes resultados con sus clientes y encontrando también algunas oportunidades de mejora en el diseño y en el proceso productivo. El proceso productivo se ha venido mejorando constantemente pero aún no está documentado y estandarizado, y aunque actualmente la planta productiva con todos sus recursos maquinaria y personal se encuentran ubicados y organizados en una propiedad de Líneas Hospitalarias, ésta no será su ubicación definitiva.

Aprovechando que la ubicación definitiva de la planta aún no está definida, la gerencia general de líneas hospitalarias ha encomendado la tarea de diseñar, documentar y estandarizar los procesos de producción de la forma más eficiente posible para a partir de ello realizar una adecuada distribución de la nueva planta de producción, estas dos tareas teniendo en cuenta los requerimientos exigidos por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos INVIMA para obtener la certificación en condiciones sanitarias de fabricación que le otorga a la compañía el derecho de llevar al mercado éstos productos, considerados por este ente regulatorio como Dispositivos Médicos, y el derecho de Inscribir las referencias como aptas para ser comercializadas a través de uno o varios Registros Sanitarios.

TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO	CUMPLIMIENTO
Analizar los procesos productivos involucrados en la producción de la línea Bed Lab con el fin de realizar una mejora que derive en un aumento en la eficiencia de los mismos.	7.1 - 7.2 - 7.3.2 - 7.5
Definir la capacidad instalada necesaria para dar respuesta adecuada a la demanda, a partir del estudio de tiempos y definición de recursos restrictivos.	7.3
Diseñar y documentar los procesos productivos para que cumplan con los estándares exigidos por el INVIMA para certificar una planta en Condiciones Sanitarias de Fabricación.	7.4
Determinar el tipo de distribución necesario para la planta teniendo en cuenta que sea la que más se ajuste a los procesos productivos mejorados. 7.6	7.6
Una vez determinada la capacidad productiva, analizar las relaciones entre áreas (flujo de material, necesidades de contacto, uso del mismo servicio, uso del mismo personal, etc).	7.8
Identificar los requisitos legales aplicables a la fabricación de dispositivos médicos, y determinar los factores restrictivos aplicables a la infraestructura de éste tipo de plantas.	7.4
Plantear una alternativa de distribución como solución al problema de distribución de la misma.	7.8
Ajustar la alternativa de distribución teniendo en cuenta restricciones de espacio y determinaciones de la gerencia.	7.8.2
Modelar la solución planteada utilizando una herramienta de simulación y presentar resultados.	7.9

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta productiva de Líneas Hospitalarias encargada de la producción de esta línea de dispositivos médicos, hoy opera bajo la marca Bed Lab, hasta hace algunos meses se conocía como Dr. Linho pero por problemas de registro de marca su nombre cambió; por lo tanto en adelante se referirá como Bed Lab a la planta sobre la cual se desarrollará el proyecto, es decir la planta de producción metal-mecánica de Mobiliario Hospitalario para Líneas Hospitalarias.

La operación total de Líneas Hospitalarias consta de dos unidades de negocio principales, la primera es llamada Osteosíntesis que corresponde a la importación, distribución y comercialización nacional de dispositivos médicos quirúrgicos en el campo de la ortopedia, éstos son los principales insumos para realizar cirugías en éste campo a nivel nacional.

La segunda unidad de negocio corresponde a la llamada Salud en Casa, ésta consta de la producción, importación, compra nacional, distribución y comercialización a nivel nacional de dispositivos médicos no quirúrgicos con la idea de complementar el cuidado y recuperación de pacientes que sufran de cualquier tipo de convalecencia común, en un principio pensada para complementar la recuperación y tratamiento de pacientes del campo ortopédico, pero poco a poco se ha ampliado el nicho de mercado de forma que se satisfaga las necesidades de muchos más tipos de clientes potenciales, incluyendo divisiones que están dedicadas en su mayoría a clientes institucionales.

A lo largo de los años Líneas Hospitalarias ha venido creciendo a un ritmo exponencial, como lo muestran las ventas totales de los últimos 4 años en la tabla 1 y en el gráfico 1. Año tras año, un muy importante porcentaje de las ventas totales de la empresa han sido impulsados por la primera de las unidades de negocio (osteosíntesis) sin contar que de las dos unidades, ésta es la más rentable; pensando en esto, en que más del 60% de las ventas de osteosíntesis se derivan de un solo proveedor internacional considerado su proveedor estrella, conscientes de la volatilidad del mercado internacional y de la necesidad de diversificar las fuentes de ingreso, desde la alta dirección se han venido creando estrategias para redistribuir el negocio e inclinar la balanza a su favor, incrementando el incentivo para el crecimiento de la línea de salud en casa y destinando los recursos que sean necesarios para el fortalecimiento de las unidades productivas existentes, así como la creación de nuevas unidades productivas.

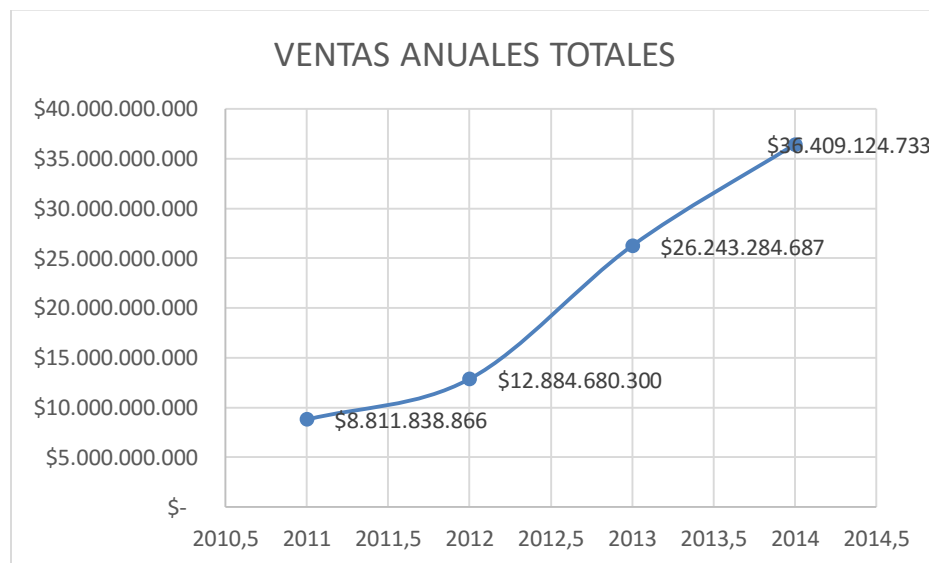
Tabla 1 Ventas totales anuales de Líneas Hospitalarias S.A.S.

AÑO	VENTAS TOTALES
2011	\$ 8.811.838.866
2012	\$ 12.884.680.300
2013	\$ 26.243.284.687
2014	\$ 36.409.124.733

Fuente: Departamento financiero

La estrategia de apalancamiento financiero por parte de la unidad de osteosíntesis para fortalecer las unidades productivas ha venido siendo implementada hace varios años, de manera que aun cuando el crecimiento general de la empresa es evidente, la línea de salud en casa toma año tras año una porción un poco más grande del pastel.

Gráfico 1 Representación de las ventas totales de los últimos 4 años para Líneas Hospitalarias S.A.S.



Fuente: Departamento financiero

El total de la unidad de salud en casa maneja 3149 referencias de las cuales 615 referencias pertenecen a la unidad productiva Body Help, 51 referencias a Dr. Foot (una subdivisión de Body Help) 30 referencias son de Bed Lab, y 10 referencias son de Stericlinic por lo tanto las plantas productivas de Líneas Hospitalarias S.A.S. fabrican un 22.4% de las referencias totales de la unidad, y éste porcentaje sigue creciendo.

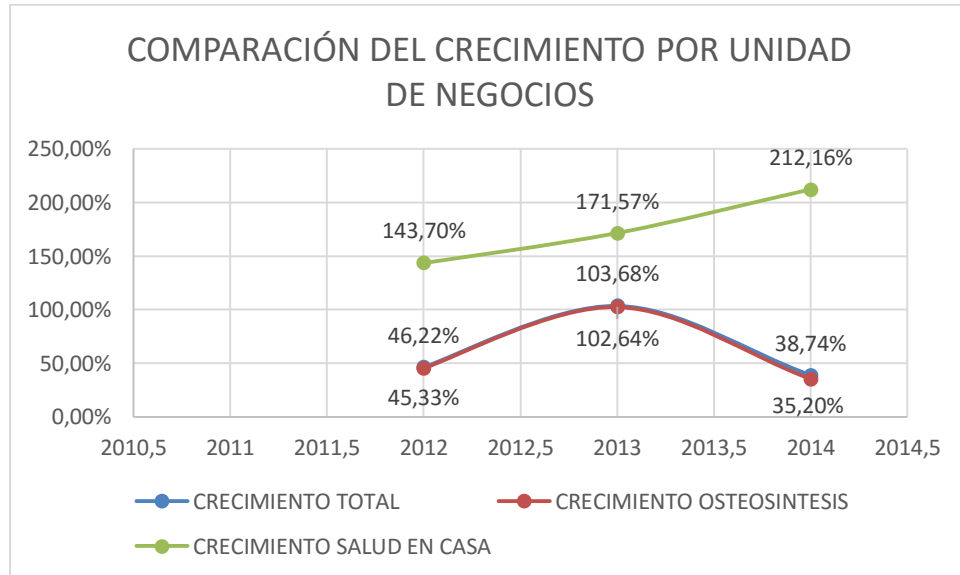
Tabla 2 Crecimiento anual total y por unidad de negocios

AÑO	CRECIMIENTO TOTAL	CRECIMIENTO OSTEOSINTESIS	CRECIMIENTO SALUD EN CASA
2011			
2012	46,22%	45,33%	143,70%
2013	103,68%	102,64%	171,57%
2014	38,74%	35,20%	212,16%

Fuente: Departamento financiero

Teniendo en cuenta la tabla 2 se puede observar que la estrategia implementada ha dado sus frutos positivos pues, aunque el crecimiento total de la empresa en ventas nunca es negativo ni cero, se ha desacelerado dado que el crecimiento de la unidad de negocios Osteosíntesis lo ha hecho. Por otra parte, la unidad de Salud en casa mantiene un crecimiento acelerado en el tiempo impulsado por el gran auge de las unidades productivas y apalancadas financieramente por los magníficos resultados de su hermana mayor Osteosíntesis.

Gráfico 2 Comparación del crecimiento por unidad de negocios



Fuente: Departamento financiero

En el gráfico 2 se puede apreciar con mayor detalle la íntima relación que tienen los resultados generales de la compañía con los resultados de una de las dos unidades de negocios, situación preocupante para la dirección, en contraste se aprecia el crecimiento acelerado en los resultados de la unidad de salud en casa.

Los esfuerzos que se han dispuesto sobre las plantas de producción no se centra únicamente en aumentar la fuerza comercial, también se pretende disminuir los costos asociados tanto a la producción como a la operación logística derivada de la misma, y así obtener mayores beneficios al final del ejercicio para cada unidad productiva, de esta manera se han dispuesto los recursos necesarios para reubicar las plantas productivas a una localización muy cercana a su Centro de Distribución CEDI de manera que los desplazamientos de producto terminado para su posterior distribución a nivel nacional sean mínimos volviendo mucho más eficiente la labor logística, adicionalmente se pretende ubicar las diferentes líneas de producción en cercanías, de manera que las etapas productivas proveedoras de otras etapas y que antes se encontraban en ubicaciones diferentes, esta vez se ubiquen lo más cerca posible y así se reduzcan los costos asociados.

La situación actual del mercado de mobiliario hospitalario en la que la demanda no es exageradamente alta y las empresas locales compiten contra comercializadoras de productos importados de Asia, cuyo precio es su principal argumento, por conseguir los jugosos contratos de dotación hospitalaria que son finalmente los que pueden representar para cualquier empresa importantes ingresos, obliga a LH a desmarcarse de sus competidores. Para ello, la estrategia que toma la organización, a partir del direccionamiento estratégico, está claramente encaminada a generar valor a sus productos lo que acarrea una reputación empresarial en el mercado, y en segunda instancia a reducir los costos asociados a la producción de manera que se reduzca gradualmente el costo del producto que no es apreciable o relevante para la satisfacción del cliente y que en últimas se trata solamente de despilfarros.

Adoptando la primera estrategia, y conscientes de que *“la calidad de producto/servicio es uno de los factores críticos de éxito competitivo”* como lo demuestran Martínez, Charterina y Araujo¹, la organización ha adoptado una política de inversión en calidad e innovación como principales factores de sostenibilidad para la producción, de modo que ha dispuesto recursos para crear un área de innovación y desarrollo encargada de la investigación, diseño y desarrollo de productos nuevos o de la reingeniería de productos y procesos productivos apuntando siempre a generar valor percibido por el cliente en el producto haciendo

¹ MARTINEZ Santa María R. CHARTERINA Abando A. y ARAUJO de la Mata A. Un Modelo Causal de Competitividad Empresarial Planteado desde la VBR: Capacidades Directivas, de Innovación, Marketing y Calidad, Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, Volume 16, Issue 2, Pages 165-188

los productos más funcionales amigables y duraderos, mientras que se intenta reducir la cantidad de operaciones y en general de costo del producto.

Muther estima que del 20 al 25% de los gastos de operación en los cuales se incurre dentro del área de fabricación, se pueden atribuir a la disposición de la planta, y que una distribución eficiente reduce probablemente esos costos del 10 al 30%² Conscientes de ello, la alta dirección ha dispuesto de diferentes personas para desarrollar el diseño de cada una de las plantas productivas en el espacio designado para ello, de manera que: se minimicen recorridos, se minimicen tiempos y riesgos, se minimicen costos, y se maximicen los resultados del ejercicio.

El sitio donde actualmente se realiza la producción de Bed Lab no es el más adecuado, y esto queda en evidencia en el anexo A plano de la planta actual de Bed Lab donde se evidencia un diagrama de recorridos promedio para la fabricación de la mayoría de los productos presentes actualmente en el portafolio, La desorganización y la ineficiencia del proceso saltan a la vista, encontrando una gran cantidad de recorridos innecesarios y una distribución que no sigue el orden de la producción.

Por si fuera poco, el espacio es totalmente limitado, y no se respetan áreas de pasillos para flujo de personal, materiales o ambos, se presentan obstrucciones en los movimientos y diferentes obstáculos (Ver anexo B) que además de evidenciar falta de planeación, pone en riesgo evidente a los trabajadores e incluso la calidad del producto.

En resumen, la visión de la dirección para las plantas productivas requiere de Bed Lab un diseño mucho más organizado que pueda generar los resultados esperados tanto en volúmenes de producción como en calidad, tiempos y costos, y de esta manera se logre como antes se mencionó inclinar la balanza hacia Líneas Hospitalarias y que la compañía sea la responsable de generar los ingresos esperados a través de sus unidades de producción, y que cada vez un porcentaje menor de sus ingresos dependa tan directamente de factores externos del mercado como por ejemplo de la volatilidad de la TRM con la cual hoy cuenta Colombia.

² MUTHER Richard. Razones para la distribución en planta, Editorial Hispano Europea Barcelona.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Con el diseño de la planta de Bed Lab se pretende organizar y optimizar la producción de mobiliario hospitalario de LH S.A.S. minimizando los recorridos y diseñando puestos de trabajo adecuados para el desarrollo de las labores, además se quiere establecer un layout de fácil expansión, dado que la proyección para la producción en Líneas Hospitalarias es abarcar más del 50% de los ingresos de la compañía y atacar el mercado nacional e internacional con productos de fabricación propia.

El modelo de comercialización de dispositivos médicos importados o comprados en el mercado nacional, trae consigo diferentes costos asociados a la operación como la logística de las devoluciones y el costo de no controlar la calidad total de los productos que se venden. En un modelo de producción además de contar con la ventaja de responder más fácilmente a las fluctuaciones en la demanda, controlar muy bien la calidad de los productos y tener la posibilidad de hacer diseño y desarrollo, se cuenta con las instalaciones y los recursos necesarios para realizar mantenimientos a los dispositivos médicos que se comercializan, un gran inconveniente cuando se tiene que acudir al fabricante o al proveedor para solicitar éste tipo de servicio teniendo en cuenta la variedad del portafolio de Líneas Hospitalarias y de su listado de proveedores en la unidad de Salud en Casa. Entonces para ofrecer una propuesta completa al mercado de los dispositivos médicos la producción es la mejor opción.

Bed Lab aunque es un proyecto joven, es ambicioso y ha dado excelentes resultados que lo ponen a competir con empresas de la talla de Los Pinos S.A. Siendo ésta última un excelente representante de calidad e innovación en el campo del mobiliario hospitalario, que ofrece su propuesta tanto al mercado nacional como internacional, siendo hoy una de las mejores propuestas del mercado a nivel de Latinoamérica.

Además de entregar al mercado una propuesta de calidad con el sello de Líneas Hospitalarias y a la que se pueda garantizar todo el respaldo del producto a lo largo de su vida útil, la dirección pretende diversificar la inversión y asegurar el sostenimiento de la compañía, de manera que una fluctuación no controlada propia del mercado internacional no pueda desequilibrar la operación total de la compañía, asegurando diferentes formas de atacar el mercado, pues para la junta directiva es preocupante entre otras cosas pensar que casi el 70% de los beneficios de Líneas Hospitalarias se deben a un solo proveedor y además, saber que éste proveedor es internacional.

Por todo esto se hace necesario que la dirección no escatime en esfuerzos para que las unidades productivas tanto las tradicionales como las nacientes inicien su ciclo con la mayor productividad y eficiencia apoyados sobre un diseño ajustado a las necesidades del mercado, los requerimientos legales y los lineamientos normativos necesarios para optimizar los beneficios que éstas puedan generar a la operación de la compañía.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General:

Desarrollar un análisis de capacidad y diseño de planta para el sistema de producción de la línea Bed Lab de Líneas Hospitalarias LH S.A.S. basado en un estudio de tiempos y balanceo de línea en el proceso productivo desarrollado en la misma.

3.2. Objetivos Específicos:

- Analizar los procesos productivos involucrados en la producción de la línea Bed Lab con el fin de realizar una mejora que derive en un aumento en la eficiencia de los mismos.
- Definir la capacidad instalada necesaria para dar respuesta adecuada a la demanda, a partir del estudio de tiempos y definición de recursos restrictivos.
- Diseñar y documentar los procesos productivos para que cumplan con los estándares exigidos por el INVIMA para certificar una planta en Condiciones Sanitarias de Fabricación.
- Determinar el tipo de distribución necesario para la planta teniendo en cuenta que sea la que más se ajuste a los procesos productivos mejorados.
- Una vez determinada la capacidad productiva, analizar las relaciones entre áreas (flujo de material, necesidades de contacto, uso del mismo servicio, uso del mismo personal, etc).
- Identificar los requisitos legales aplicables a la fabricación de dispositivos médicos, y determinar los factores restrictivos aplicables a la infraestructura de éste tipo de plantas.
- Plantear una alternativa de distribución como solución al problema de distribución de la misma.
- Ajustar la alternativa de distribución teniendo en cuenta restricciones de espacio y determinaciones de la gerencia.
- Modelar la solución planteada utilizando una herramienta de simulación y presentar resultados.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Se espera obtener al final de éste proyecto el diseño de la planta (Layout) y de los procesos que allí se desarrollan, de manera que éstos dos aspectos cumplan con los requerimientos de INVIMA de modo que la planta esté preparada para recibir un proceso de certificación en condiciones sanitarias de fabricación que permitirá producir y comercializar libremente en Colombia los equipos que el mercado requiera y que se determinen como factibles.

Finalmente se espera que las oportunidades de mejora detectadas se puedan intervenir por medio de la aplicación de metodologías de análisis y mejoramiento de procesos y entregar a la coordinación de la planta, estrategias sugeridas para su implementación y que deriven en la mejora continua del proceso productivo.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. MARCO NORMATIVO

La naturaleza de los productos fabricados por LH S.A.S. en su planta productiva Bed Lab, los enmarca dentro de un grupo de productos para el sector salud conocido como dispositivos médicos, éstos según el decreto 4725 de 2005 se definen como:

“Se entiende por dispositivo médico para uso humano, cualquier instrumento, aparato, máquina, software, equipo biomédico u otro artículo similar o relacionado, utilizado sólo o en combinación, incluyendo sus componentes, partes, accesorios y programas informáticos que intervengan en su correcta aplicación, propuesta por el fabricante para su uso en:

- a) Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento o alivio de una enfermedad;*
- b) Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia;*
- c) Investigación, sustitución, modificación o soporte de la estructura anatómica o de un proceso fisiológico;*
- d) Diagnóstico del embarazo y control de la concepción;*
- e) Cuidado durante el embarazo, el nacimiento o después del mismo, incluyendo el cuidado del recién nacido;*
- f) Productos para desinfección y/o esterilización de dispositivos médicos.*

Los dispositivos médicos para uso humano, no deberán ejercer la acción principal que se desea por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos.”

Por lo tanto, éstos productos y su planta de fabricación están regidas bajo la normatividad vigente, de manera que para el diseño de la planta se tomará como marco normativo tanto el ya mencionado decreto 4725 de 2005 como la resolución 4002 de 2007 a través de los cuales se presentan algunas de las pautas para acceder al concepto técnico de condiciones sanitarias de fabricación, el cual se define en el decreto 4725 como:

“Es el documento expedido por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, INVIMA, en el que consta el cumplimiento de las condiciones higiénicas, técnicas, locativas, de dotación, recursos humanos y de control de calidad que garantizan el buen funcionamiento del establecimiento fabricante, así como la capacidad técnica y la calidad de los productos que allí se elaboran, el cual regirá hasta tanto se certifique el Cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura de Dispositivos Médicos, BPM.”

Éste es el certificado válido vigente para poder producir dispositivos médicos en Colombia hasta el momento en que se reglamente un documento que reglamente

las condiciones para acceder al certificado de Buenas Prácticas de Manufactura para la producción de dispositivos médicos.

5.2. MARCO DE ANTECEDENTES

Herceleyde Cossio y Juan Esteban Ruiz³ desarrollaron un proyecto sobre la “Propuesta de diseño y distribución de planta para la empresa carretes y maderas” en el cual pretenden estudiar muy bien la distribución actual de la planta productiva y sus falencias para a partir de ese estudio diseñar la nueva planta de producción teniendo como base la intención de la gerencia de mudar la producción a un nuevo sitio que le permita distribuir la organización adecuadamente y que sea flexible a la expansión natural de la organización.

Para éste proyecto utilizaron la observación y la entrevista como métodos iniciales de recolección de información de manera que a partir de ellos se lograron obtener insumos necesarios para el diagnóstico inicial de la empresa como por ejemplo los planos iniciales, un análisis de factores de importancia para el diseño y un posterior análisis de causas y efectos que en su conjunto permiten en cierto modo determinar los primeros focos a atacar para la mejora en el nuevo diseño de la planta.

Oscar David Quiceno y Natalia Zuluaga⁴ crearon una “Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del sector lácteo” dicha propuesta surgió de una fluctuación inesperada del mercado, dado que inicialmente el producto estrella por su volumen de demanda correspondía a la leche pasteurizada, éste producto requería un proceso de tratamiento específico, mientras que la leche de larga duración o UHT no tenía una demanda significativa por su alto costo representado en su mayoría por la forma en la que se debía empaquetar.

Un desarrollo tecnológico que permitió reemplazar el empaque de la leche UHT representó una disminución en los costos de éste producto y en un aumento de la demanda del mismo, pues bajando el precio del producto, éste que ofrece unas mejores prestaciones que la leche pasteurizada normal, pasa a ser el preferido del mercado, la fluctuación en el mercado decanta en un desbordamiento de la

³ COSSIO, Herceleyde. RUIZ, Juan Esteban. Propuesta de diseño y distribución de planta para la empresa Carretes y Maderas. Trabajo de grado (Ingenieros Industriales) Universidad San Buenaventura. Facultad de ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial.

⁴ QUICENO, Oscar David. ZULUAGA, Natalia. Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del sector lácteo. Trabajo de grado (Ingenieros Industriales) Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial.

capacidad productiva para esta línea de productos dado que el diseño inicial de la planta era rígido y los procesos que allí se llevan así lo requerían.

Esta situación si bien dista mucho del sector y la naturaleza productiva de Líneas Hospitalarias, ratifica que una variación en el mercado puede afectar enormemente la operatividad de una empresa.

En el mismo proyecto, Quinceno y Zuluaga resaltan la importancia de la validación en la toma de decisiones relacionadas con el diseño y operación de los procesos y sistemas productivos, pues “Esta herramienta hace posible el estudio, análisis y evaluación de situaciones “*what-if*” puesto que permite modelar un sistema real y realizar diferentes modificaciones o experimentos con este, con el fin de comprender el comportamiento del sistema y evaluar varias estrategias para el funcionamiento del mismo sin comprometer recursos de la empresa”. Con esta premisa se ratifica la intención de utilizar una herramienta de simulación para modelar el diseño de la planta y de esta manera obtener resultados medibles que permitan hacer ajustes antes de comprometer los recursos de la empresa.

Oscar Eduardo Zamora⁵ desarrolló el proyecto para el “Diseño y planeación de un nuevo centro de distribución para la empresa Líneas Hospitalarias S.A.S.” Dicho proyecto se llevó a cabo de una forma muy similar a la del presente proyecto, dado que además de pertenecer a la misma empresa, la necesidad del proyecto se crea de forma similar, una proyección de expansión planteada por la dirección estratégica y un traslado del proceso en cuestión de la locación A a la locación B de manera que se aprovechara el traslado para mejorar los procesos a partir de un diseño estudiado de las instalaciones o layout.

Para iniciar con el diseño de la planta, Zamora tuvo que definir una serie de restricciones, éstas tenían que tener en cuenta la caracterización del proceso logístico que era el que funcionaba en la planta que se iba a diseñar, adicionalmente una de las restricciones más importantes estuvo dada por la normatividad legal aplicable al proceso, pues teniendo en cuenta el sector en el que se encuentra la compañía (Sector salud) y el ente regulatorio que los vigila y controla (INVIMA) se debe ingresar como una variable restrictiva del problema la normatividad legal

⁵ ZAMORA, Oscar Eduardo. Diseño y planeación de un nuevo centro de distribución para la empresa Líneas Hospitalarias S.A.S. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial) Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

aplicable vigente para que el diseño finalmente sea validado no solo en su funcionalidad y conveniencia sino también en su legalidad.

En el caso del centro de distribución, la naturaleza de importador de dispositivos médicos exigía posterior a la implementación del diseño de la planta, la solicitud de visita para certificar la Capacidad de Almacenamiento y Acondicionamiento de Dispositivos Médicos. Sin éste certificado no se podrían importar y almacenar dispositivos médicos en dicho Centro de Distribución. En este caso, para producir legalmente mobiliario hospitalario, considerado como un tipo de Dispositivos médicos, y posteriormente poderlos comercializar legalmente con un permiso especial llamado registro sanitario, se debe asegurar que la nueva planta cumpla con las condiciones necesarias para certificarse en Condiciones Sanitarias de Fabricación y de esta manera el cumplimiento de requisitos legales o asuntos regulatorios cobra especial importancia dentro de la parametrización inicial de las propuestas para el diseño de la planta.

5.3. MARCO TEÓRICO:

Para desarrollar el proyecto, es necesario indagar y aclarar una serie de conceptos que se pueden utilizar a lo largo del mismo, fundamentalmente alrededor de la teoría relacionada con el diseño de plantas o “Layout” además de introducir a temas importantes para el estudio y mejora de los procesos productivos como el despilfarro.

5.3.1. Despilfarro:⁶

Para hablar de despilfarro obligatoriamente se debe referenciar a TOYOTA, la exitosa compañía Nipona que con tan buenos resultados ha implementado diferentes estrategias de administración de procesos, calidad total, etc. Una de sus exitosas estrategias parte del análisis de los despilfarros, pues para efectos de su estudio, definen despilfarro como “Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción” lo cual se resume en que despilfarro es todo aquello que no le agrega valor al producto final.

5.3.1.1. Despilfarro 5MQS

Este tipo de despilfarro está relacionado con las posibles fuentes de despilfarro en una organización las cuales están contenidas en 7, 5 de ellas inician con la letra M,

⁶ • ORTIZ P. Néstor Raúl. Análisis y Mejoramiento de los Procesos de la Empresa. Primera edición. Colombia, Universidad Industrial de Santander, 1999. P 207.

una con la letra Q y una con la letra S (por sus siglas en inglés), las fuentes de despilfarro son las siguientes:

- Man (Personas)
- Machines (Máquinas)
- Materials (Materiales)
- Management (Dirección)
- Methods (Métodos)
- Quality (Calidad)
- Security (Seguridad)

5.3.2. Distribución de planta:

Las organizaciones tienen siempre en mente la maximización de los resultados cuidando los recursos, estrategias determinantes a la hora de contar con ventajas competitivas en el sector donde se desenvuelven. La distribución de planta es una de las estrategias que le puede asegurar a una compañía mejorar el proceso donde ésta se aplique, si se entiende esta estrategia como el ordenamiento de todos los requerimientos propios de las actividades u operaciones propias de las organizaciones, de tal forma que ayuden a la ubicación adecuada de las áreas, proceso y puesto de trabajo.⁷

Es tan importante el problema de distribución de planta o “Layout” como se suele referir a éste, que se ha constituido en uno de los pilares de la industria, ya que es uno de los factores que determina la eficiencia de la empresa, puesto que disminuye los costos de fabricación al tener una clara decisión sobre la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas, y de los puntos de almacenamiento de la instalación productiva.⁸

5.3.3. Método Guerchet para hallar el área requerida de un puesto de trabajo:

Existen varios métodos para determinar las áreas requeridas por cada puesto de trabajo, conociendo el número y tamaño de maquinarias y equipos además de los requerimientos del personal para realizar su labor, para Cuatrecasas⁹ uno de ellos

⁷ CHASE Richard B., JACOBS F. Robert, AQUILANO Nichikas J. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Décima edición. México, Mc Graw Hill, 2005. P 207.

⁸ VAUGHN Richard C. Introducción a la ingeniería industrial. Segunda edición. 1990. P 111.

⁹ CUATRECASAS ARBÓS, Luis. Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva. Ediciones Díaz de Santos. Madrid: 2012. P 332.

es el Método Guerchet, por medio de éste se pueden calcular los espacios físicos requeridos para establecer la planta.

Para llegar al requerimiento de espacio se deben identificar las cantidades de maquinaria requerida (elementos estáticos) así como el número y tamaño de los operarios y el equipo de acarreo utilizado (elementos móviles) a partir de estos datos, se puede determinar la superficie total requerida por el área a través de la siguiente fórmula:

$$S_T = S_s + S_g + S_e$$

S_T: Superficie Total

S_s: Superficie Estática

S_g: Superficie Gravitacional

S_e: Superficie de Evolución

5.3.3.1. Superficie Estática:

Corresponde a las áreas ocupadas por muebles maquinaria y equipos estáticos, incluyendo los elementos que sobresalgan de ellos.

5.3.3.2. Superficie gravitacional:

Es la ocupada por el operario que labora en el puesto de trabajo que se está estudiando, y por el material requerido alrededor de la maquinaria para la realización de la labor, esta área resulta de la multiplicación entre la superficie estática y el número de lados por los cuales se opera dicho mueble o máquina:

$$S_g = S_s \times N$$

N: Número de lados de trabajo

5.3.3.3. Superficie de evolución:

Esta superficie será la que separe los puestos de trabajo para facilitar los desplazamientos de personal, equipo, medios de transporte y para la salida de productos:

$$S_e = (S_s + S_g)K$$

K: Coeficiente de evolución

El coeficiente de evolución representa una medida de relación ponderada entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos.

$$K = \frac{h_{EM}}{2h_{EE}} \text{ donde,}$$

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^r S_s \times n \times h}{\sum_{i=1}^r S_s \times n}$$

r: Variedad de elementos móviles

S_s: Superficie estática de cada elemento móvil

h: Altura de cada elemento móvil

n: Número de elementos móviles

$$h_{EE} = \frac{\sum_{i=1}^t S_s \times n \times h}{\sum_{i=1}^t S_s \times n}$$

t: Variedad de elementos estáticos

S_s: Superficie estática de cada elemento

h: Altura de cada elemento estático

n: Número de elementos fijos

5.3.4. Categorías de proyectos de redistribución de planta¹⁰

Existen varios motivos por los cuales una compañía decide realizar un trabajo de distribución de planta, entre ellos los tres más comunes son:

- **Redistribución para aumentar la capacidad:** Conserva el mismo sistema productivo, los mismos productos y el tipo de maquinaria, pero implica un aumento de la cantidad de máquinas, o una ampliación de estaciones de trabajo actuales. Se va a generar una redistribución de planta siempre y cuando el hecho de traer nuevas máquinas, o de ampliar las estaciones de trabajo, requiera una reorganización de varias entidades, y no se pueda lograr con solo poner las máquinas en un espacio libre existente, dado que en este último caso no habría una redistribución.
- **Redistribución para incorporar un cambio al sistema productivo:** Abarca la introducción de nuevas líneas de productos, de nuevos productos específicamente o de pasos adicionales dentro del proceso, como por ejemplo una nueva etapa de empaque. Las modificaciones anteriores corresponden a cambios del sistema productivo, puesto que varían los procesos y flujos ya establecidos o incorporan unos nuevos.
- **Redistribución para aumentar eficiencia y reducir costos:** Implica unos cambios en la localización de los departamentos, pero la estructura general se mantiene. Busca reducir los costos de manejo de materiales y de transporte, mejorar algunas características operativas como el tiempo del proceso, la congestión, los altos inventarios de producto en proceso y eliminar los flujos cruzados o en reversa. En la búsqueda de una mejora puede ser necesario involucrar a la gran mayoría de departamentos.

¹⁰ RIVERA Leonardo. CARDONA Luis F. VÁSQUEZ Laura. RODRIGUEZ Maria A. Selección de alternativas de redistribución de planta: un enfoque de las organizaciones

Corresponde al problema tratado en la mayoría de estudios o desarrollos académicos sobre redistribución de planta.

- **Redistribución para implementar una filosofía o estrategia empresarial:** Este tipo de proyectos tienen unos enfoques mucho más específicos. Un ejemplo consiste en la aplicación de Lean Manufacturing, filosofía que ya tiene unos principios, métodos y prácticas establecidos, y que deben ser aprendidos y aplicados por los precursores del proyecto para lograr adaptar las instalaciones a las características que plantea dicha metodología. Otro objetivo empresarial que podría buscarse es la integración de los proveedores a la planta de la empresa. También puede darse el caso en el que se requiera seguir alguna legislación, estrategia o parámetro establecido por empresas clientas, o por la empresa en conjunto con los proveedores

5.3.5. Principios de la distribución de planta:

De acuerdo a David de la Fuente e Isabel Fernández¹¹ a la hora de realizar un análisis para la distribución de una planta, se deben tener en cuenta los siguientes principios:

5.3.5.1. Principio de la integración de conjunto:

La mejor distribución es aquella que integra hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte la mejor integración entre dichas partes.

5.3.5.2. Principio de la mínima distancia recorrida:

A igualdad de condiciones, será siempre mejor aquella distribución que permita que la distancia a recorrer por el material y el personal entre operaciones sea la más corta, ya que ello traducirá en reducción de la manutención.

5.3.5.3. Principio de circulación o flujo de materiales:

En igualdad de condiciones es mejor la distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso estén en el mismo orden en que se transforman, tratan o montan los materiales.

5.3.5.4. Principio del espacio cúbico:

Intenta asegurar la adecuada asignación y utilización del espacio, tanto en los centros de producción como en los departamentos de servicios. La economía se

¹¹ DE LA FUENTE David, FERNÁNDEZ Isabel. Distribución en planta. Primera edición. Universidad de Oviedo, 2005. P. 7

obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal, sobre todo, en aquel caso en que no se tenga una delimitación del espacio impuesta por paredes, techos, etc.

5.3.5.5. Principio de satisfacción y seguridad de los trabajadores:

Entre dos distribuciones semejantes, siempre será más eficiente aquella distribución que permita el desarrollo del trabajo de una forma más satisfactoria y segura para los trabajadores.

5.3.5.6. Principio de flexibilidad:

Es muy importante que la flexibilidad sea un atributo de la ordenación finalmente elegida, entendiéndose como flexible aquella ordenación de elementos que facilite cualquier reajuste posterior que se revele necesario efectuar en un futuro a fin de adaptarse a nuevas situaciones.

5.3.6. Formatos básicos de la distribución para la producción:

Según Chase y Jacobs¹² se tienen tres tipos básicos de formatos (el centro de trabajo, la línea de ensamble y la distribución por proyecto) y uno híbrido (la celda de manufactura)

5.3.6.1. Centro de trabajo

También llamado *Taller de trabajo* o *Distribución por funciones* y agrupa funciones o equipamientos similares, como todos los tornos en un área y todas las prensas en otra. A continuación, la pieza que se está trabajando avanza, en una secuencia preestablecida de operaciones, de un área a otra, donde se encuentran las máquinas necesarias para cada operación. Por ejemplo, este tipo de distribución es común en los hospitales, donde las áreas están dedicadas a tipos particulares de servicios médicos, como las salas de maternidad y las unidades de cuidados intensivos.

5.3.6.2. Línea de ensamble

También llamada *distribución de flujo de trabajo*, en ésta el equipo o los procesos de trabajo están ordenados siguiendo los pasos progresivos de la fabricación del producto. La ruta de cada pieza es, de hecho, una línea recta. Las líneas de ensamble de calzado, las plantas químicas y los lavados de autos son distribuciones basadas en el producto.

¹² CHASE Richard B., JACOBS F. Roberts, AQUILANO Nicholas J. Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros. Duodécima edición. Mc Graw Hill, México 2009. P. 221.

5.3.6.3. Celda de manufactura

Reúne distintas máquinas para trabajar en productos que tienen formas y requerimientos de procesamiento similares. Una celda de manufactura se parece a un centro de trabajo porque las celdas están diseñadas para desempeñar un conjunto específico de procesos y se parece a una línea de ensamble porque las celdas se dedican a una gama limitada de productos. (*Tecnología de grupo* se refiere a la clasificación y el sistema de codificación de las piezas se emplea para especificar los tipos de máquinas que incluye una celda.)

5.3.6.4. Distribución por proyecto

El producto (en razón de su volumen o peso) está fijo en un lugar y el equipo de producción va al producto, y no a la inversa. Las obras de construcción y los escenarios de cine son ejemplo de este fenómeno.

5.3.7. Formulación del problema de distribución de planta (FLP)

Para solucionar el problema de distribución de planta se debe formular un modelo matemático que tendrá como principal entrada la interacción entre áreas o departamentos.

En la literatura existen dos tipos de formulación para el problema de distribución de planta, uno de ellos es denominado formulación discreta o asignación cuadrática (QAP), éste se utiliza para desarrollar el problema para departamentos con áreas iguales. El segundo de ellos es la formulación continua o el problema de conjunto de cobertura (SCP)

5.3.7.1. Formulación discreta

Según Koopmans y Beckam¹³ el Problema de Asignación Cuadrática (QAP) se trabaja como un modelo matemático para la ubicación de un conjunto de departamentos en un conjunto de instalaciones, de manera que el objetivo consiste en minimizar las distancias de recorrido del material durante el proceso productivo asignando cada departamento en una instalación.

Teniendo las matrices F y D de tamaño $n \times n$:

$$F = (f_{ik}) \text{ y } D = (d_{jl})$$

Donde f_{ik} es el flujo entre el departamento i y el departamento k y d_{jl} la distancia entre la instalación j y la instalación l , y N es el número de departamentos a distribuir;

¹³ KOOPMANS T.C. y BECKMANN M. Assignment problems and the location of economic activities. *Econometrica*. Vol 1 (1957); P: 533 – 76)

entonces la planta se divide en bloques rectangulares de igual área y forma, para ser asignados. El modelo propuesto por Balakrishnan y otros¹⁴ es el siguiente:

$$\text{Min: } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N f_{ik} d_{jl} X_{ij} X_{kl} \quad \text{Ecuación 1}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, N \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, N \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde X_{ij} es una variable binaria para el departamento i en la instalación j .

La ecuación 1, representa la suma de las distancias totales recorridas dado que el departamento i este ubicado en la instalación j y el departamento k este ubicado en la instalación l . La ecuación 2 garantiza que cada departamento esté ubicado únicamente en una instalación y la ecuación 3, que cada instalación contenga sólo un departamento.

5.3.7.2. Formulación continua

El objetivo de esta formulación, es ubicar las instalaciones de acuerdo a las coordenadas del centroide (X_i, Y_j) y sus dimensiones (ancho y largo) A diferencia de la formulación discreta, ésta permite establecer restricciones especiales para cada escenario que se presente. La formulación continua es usada para solucionar el problema de áreas desiguales llamado también problema del conjunto de cobertura (SCP)

5.3.8. Metodología SLP para la distribución de plantas:

(Systematic Lay-out Planning) es una metodología desarrollada por Richard Muther a través de la cual se pretende realizar una distribución de planta basada en relaciones cuantitativas y/o cualitativas con el objetivo de minimizar las distancias.

El método considera inicialmente datos sobre el producto, cantidades, el proceso, el recorrido del proceso o servicio, a partir de ello se procede a determinar el flujo de materiales y la relación que existe entre las actividades desarrolladas dentro de la planta productiva, de esta manera se puede realizar el diagrama de relaciones.

¹⁴ BALAKRISHNAN J, CHENG C.H., CONWAY D.G. y LAU C.M. A hybrid genetic algorithm for the dynamic plant layout problem. International Journal of Productions Economics. Vol. 2, No 86 (2003); P: 107 – 120.

Por otra parte, se hace necesario que el analista determine la cantidad de espacio requerido por cada actividad, a partir de ésta y junto con el ya mencionado diagrama de relaciones, se genera el diagrama de relación de espacios, con el cual se tiene el primer insumo para el desarrollo de la propuesta de distribución de planta.

Además del análisis de relaciones, es importante tener en cuenta factores influyentes sobre el diseño como la normatividad aplicable a la distribución de la planta, los requerimientos de gerencia, el análisis del mercado y las tendencias en el campo entre otros factores; finalmente se hace necesario también hacer una revisión de las limitaciones prácticas para el desarrollo de la propuesta como limitaciones de peso, conexiones, vibración, de infraestructura, costos de movimiento de máquinas grandes, etc. Una vez se analice cada aspecto se pueden emitir varias propuestas sobre las cuales tomar una decisión.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO.

El proyecto se desarrollará en varias etapas, de manera que la secuencia de éstas describa claramente la evolución desde el diagnóstico inicial de las oportunidades de mejora, la búsqueda y mención de los requisitos a los cuales se debe dar cumplimiento con la propuesta de diseño de la planta, los análisis requeridos para aportar al diseño y en general a la mejora de los procesos, y finalmente, la elaboración y ajuste de la propuesta de diseño de planta y de mejora de los procesos.

Durante el desarrollo del proyecto planteado, la dinámica de la organización ha cambiado de diferentes maneras:

- El espacio donde se proyectaba ubicar las plantas de producción inicialmente cambió del originalmente planteado dos veces, hasta que finalmente se cerró el negocio de compra con la constructora Monte Sión en una bodega que está siendo construida en la vía que de Bucaramanga conduce a Girón, dentro de un pequeño complejo de cinco bodegas de considerable tamaño.
- Por otra parte, atendiendo a inconvenientes legales que se generaron a la hora de patentar en Colombia la marca Dr. Linho, la planta productiva objeto de éste proyecto cambió su nombre y su marca y a partir de 2016 el nombre de la planta es Bed Lab y así han laborado durante lo corrido de este año.
- Finalmente pero no menos importante, la planta de producción cambió su coordinador de producción, lo cual generó un retraso en el proyecto por temas de empalme de funciones con el coordinador anterior.

A continuación se presentan cada una de las etapas por medio de las cuales se desarrolló el presente proyecto de grado para dar cumplimiento a los objetivos inicialmente planteados.

6.1. Análisis del diseño de las instalaciones:

Actualmente la planta de producción está diseñada en un área plana de 378,2 metros cuadrados sin tener en cuenta las áreas administrativas, está dispuesta de manera que la producción se logra por medio de centros de trabajo, en los cuales se agrupan actividades similares, y dependiendo del tipo de producto que se esté elaborando, el proceso pasará más o menos veces y en secuencias distintas por dichos centros de trabajo, por lo tanto, para analizar el diseño actual de las instalaciones es necesario describir cada área de trabajo y las labores que allí se realizan.

6.1.1. Almacenes de Materia Prima Pesada y de Materia Prima Especial:

Compuestas por un área plana de 20,85 mts cuadrados para la Materia Prima Pesada y de 5,7 mts cuadrados para la Materia Prima Especial, la primera de ellas cuenta con un estante de cinco pisos para ubicar tubería de diferentes tamaños y pesos, de manera que, en el área de almacenamiento de materia prima pesada, la disponibilidad de espacio se multiplica ampliando la autonomía de la planta para producir con los recursos disponibles.

En volumen, aproximadamente el 84% de la materia prima comprada para suministro de la planta de producción de Bed-Lab corresponde a materia prima de tipo pesado (tubería circular y cuadrada de diferentes tamaños y calibres, de acero inoxidable y cold rolled, varilla de diferentes calibres, lámina de acero inoxidable y cold rolled) entre otros materiales. Estos productos se ubican de acuerdo a la referencia en la estantería de 5 pisos y 3 metros de alto, lo cual hace que la labor de carga y descarga de la materia prima genere riesgos sobre la salud de los colaboradores por manejo de cargas pesadas, por lo tanto, es necesario sugerir una oportunidad de mejora para esta área.

Por otra parte, el Almacén de Materia Prima Especial se compone de estantería de 5 niveles para ubicar productos pequeños y/o especializados, sumando el restante 16% en volumen, entre lo que se encuentra tornillería, suministros como soldadura, discos de pulidora, lijas, amortiguadores, motores, ruedas, bujes, rodamientos, entre otros.

Estas dos zonas se encuentran separadas físicamente debido a la naturaleza de las piezas que allí se controlan, pues algunas de las piezas de “Materia Prima Especial” requieren supervisión, cuidado y control en la entrega, por lo tanto, éste almacén es custodiado y controlado por el mismo coordinador de la producción para disminuir desperdicios y garantizar el cuidado de las piezas delicadas.

6.1.2. Zona de corte:

En esta zona, se realizan principalmente los cortes de tubería, varilla y lámina según planos para alimentar toda la posterior cadena productiva, dependiendo de la corrida de producción en la que se encuentren.

La zona está dotada de una pequeña mesa con un riel especial para guiar la tubería y marcar los tamaños de tubería que se deben cortar, además en la mesa está empotrada una sierra eléctrica con disco metálico que se encarga de realizar la labor del corte de la tubería, adicional a esto, tiene tres atriles con rodillos para deslizar la tubería que se ubica antes de la máquina de corte, de manera que el peso y largo

de la tubería que está por ser cortada no afecte los cortes de los tramos que se están realizando en el preciso instante.

La zona no se encuentra actualmente delimitada o demarcada de ninguna manera, lo que inicialmente representa un potencial peligro para cualquier operario, incluyendo el que se encuentre operando la máquina de corte al no definir pasillos seguros para tránsito de personal o material alrededor de la zona de corte, esto podría acarrear un accidente de trabajo en el peor de los casos, y en el mejor de los casos, provoca que el puesto de trabajo se encuentre en constante desorden pues el operario no dispone de un espacio determinado sino de todo el espacio de la planta para ubicar su equipo y material en proceso.

Uno de los problemas que se encuentran en éste puesto de trabajo es el subjetivo método de medición utilizado (con un flexometro y usando un rústico ángulo de metal con un hombrosolo como prensa para sostenerlo). Esta situación ocasiona que las medidas exactas del diseño de los productos y por lo tanto del diseño de sus planos de producción se vean constantemente alteradas por los errores en la medición a la hora de alistar la máquina de corte para iniciar su proceso, lo que repercute en demoras ajustando las medidas con herramientas que no son las correctas en estaciones de trabajo posteriores y para dar un cumplimiento medianamente aceptable de lo planteado en el diseño, lo cual evidentemente afecta la calidad final del producto y los tiempos de producción. No se tiene certeza real de la tasa de errores que se cometen por esta situación, sin embargo en momentos puntuales en que junto con el coordinador de producción se ha inspeccionado el puesto de trabajo mientras se desarrollan tareas de corte, se identifica en tres oportunidades durante el mismo mes que el ajuste del ángulo para colocar el tope del tubo a cortar no es exacto, y la medición que hizo el operario no tuvo en cuenta el grosor del disco de corte, dicho error se presenta por la percepción del operario a la hora de ajustar el tope sobre la mesa de corte.

En las ocasiones descritas se pudo realizar el ajuste de las tuberías cortadas con anterioridad, dado que el error presentado superaba los dos milímetros lo cual afectaría las medidas finales de la cama y éstas no ajustarían como se debe, sin embargo la coordinación de producción afirma que es posible que buena parte de las demoras por ajustes no programados en el área de soldadura se pueden estar presentando por esta situación por lo cual se sugiere intervención para mejorar el proceso y reducir el error en la medición.

6.1.3. Zona de doblado:

En esta zona se realizan principalmente los dobleces de tubería para las líneas de productos más sencillas (camillas, divanes, biombos, atriles, escalerillas y mesas) que son las familias de producto que requieren doblado de tubería, en las líneas estrella o las más complejas como camillas complejas y camas hospitalarias, los diseños de los productos no requieren doblado de tubería, sin embargo, si lo requiere simplemente se agregaría esa estación de trabajo al flujo del proceso.

La zona está dotada por una máquina dobladora manual y un improvisado tanque a la altura de la máquina que sirve como guía para mantener los dobleces paralelos al suelo de modo que todas las aristas de la figura que se requiere construir se encuentren dentro de un mismo plano si es que eso es lo que se requiere.

La zona de doblado cuenta con problemas similares a la de corte, para empezar, no se encuentra debidamente demarcada y delimitada como tal, la máquina de doblado también cuenta con un método un tanto arcaico además de inexacto para la medición de los tramos de tubería que se deben doblar, lo cual genera errores en las medidas finales del producto terminado. La labor de doblado es realizada por varios operarios auxiliares, y esto sumado a la falta de estandarización a la hora de realizar el proceso, aumenta las posibilidades de ocurrencia de errores.

6.1.4. Áreas de soldadura:

Dentro de la planta de producción hay tres áreas de soldadura diferentes, cada una delimitada y separada físicamente de la siguiente por un panel metálico que impide que operarios ajenos al proceso que se está desarrollando dentro de un área se vean afectados por la intensidad de la luz o las chispas que deriven del proceso de soldadura.

Dentro del área de soldadura se encuentran las herramientas necesarias para el desarrollo del proceso, tales como el equipo de soldadura, tipo MIG, TIG y Revestida para algunos casos puntuales. Cada puesto de soldadura cuenta con un estante de herramientas necesarias para el desarrollo del proceso, donde se encuentra además de llaves, desatornilladores y demás, herramientas eléctricas como taladros y pulidoras para agujerar la estructura de los productos antes de enviarlos a pintura, y para pulir los desperfectos y salpicaduras de la soldadura.

Las áreas de soldadura tienen una particularidad, y es que dentro de todas ellas se realizan las etapas de punteado y acordonado de las estructuras, y en algunos casos de tendidos, por lo cual, dependiendo del volumen del lote requerido, una zona se puede ocupar solo en armar y las otras dos en acordonar (si el lote de producción es pequeño) o en su defecto las tres zonas pueden hacer punteado y

acordonado dentro de la misma, es decir, las tres zonas pueden funcionar realizando punteado y acordonado al mismo tiempo.

6.1.5. Zona de torneado:

En la zona de torneado actualmente se encuentra un torno, éste se utiliza para fabricar piezas puntuales pero necesarias dentro del proceso productivo, tales como bujes, ejes, tornillos sin fin, etc.

6.1.6. Pintura:

Pese a ser una etapa fundamental en el proceso de fabricación de todo el mobiliario hospitalario, el proceso de pintura no se realiza directamente dentro de la planta de producción de Bed Lab aún, esto debido a que el tipo de pintura necesario para realizar el recubrimiento de éstos dispositivos médicos se denomina pintura electrostática, y el proceso de aplicación de dicha pintura requiere de unas instalaciones muy especializadas, dotadas de piscinas especiales que albergan ácidos contaminantes, peligrosos y nocivos para la salud, cámaras de rociado especiales para aplicar a las piezas la pintura en polvo, y un horno muy grande y especial para fusionar la pintura sobre la estructura requerida.

En aras de controlar lo mejor posible el proceso completo de fabricación de mobiliario hospitalario, LH ha establecido una alianza comercial con una empresa dedicada a prestar el servicio de recubrimiento en pintura electrostática, lo cual le ha permitido además de agilizar esta etapa del proceso, conocer los pormenores de la misma, de manera que se tiene establecido un tiempo de entrega del servicio dependiendo de las referencias y unidades enviadas a pintar, además de esta manera se ha estudiado la factibilidad de integrar el proceso de electropintura dentro de la línea de producción de LH en su planta Bed Lab, de manera que se analizará la posibilidad de tener en cuenta el diseño del área de electropintura incluido en la propuesta de layout para la planta de producción Bed Lab y se evaluará la factibilidad y las mejoras en materia de tiempo que esta inclusión generen.

6.1.7. Zona de ensamble final:

Esta zona ubicada frente a las zonas de soldadura, es utilizada para el ensamble final de los productos, en ella por ejemplo se arman finalmente las estructuras, tendidos, ruedas, mecanismos, accesorios y en general todas las partes que componen a una cama hospitalaria, así como también la estructura, la tela y las ruedas que componen un biombo, esta zona es atendida inicialmente por el auxiliar de corte cuando culmina la labor en su área, después cuando los demás operarios van culminando su labor de soldadura, éstos también se dirigen a realizar junto con el auxiliar de corte el ensamble final.

La labor que allí se realiza parte de la ubicación de las estructuras en el piso, utilizando cartones para no maltratar los productos que ya se encuentren pintados, sobre estas estructuras se van ubicando los motores y accionadores por medio de tornillos y herramientas manuales (llaves), dado que el montaje se realiza de abajo hacia arriba, pues la naturaleza del producto y su peso así lo exigen, el operario debe realizar entre 15 y 22 movimientos verticales (agachadas) para agregar y fijar piezas u otras estructuras.

6.1.8. Oportunidades de mejora a partir del análisis del diseño de las instalaciones actuales:

A partir de la descripción anterior de los puestos de trabajo, a continuación, se describirán algunas oportunidades de mejora que se han podido apreciar desde la etapa de observación del diseño de los puestos de trabajo:

Tabla 3. Oportunidades de mejora en las áreas de la distribución de planta original.

Áreas	Oportunidades de mejora
Almacenes de materia prima pesada y especial.	<ul style="list-style-type: none"> La estantería de materia prima pesada está subaprovechada además que es poco ergonómica, se propone disminuir los espacios entre niveles para albergar lo necesario, y así disminuir el riesgo de lesión por levantamiento de cargas pesadas por parte de los operarios, en el ANEXO I. se muestra a la izquierda la distribución de las planchas en la estantería actual, y a la derecha la propuesta para aprovechar mejor el espacio y disminuir recorridos verticales de carga.
	<ul style="list-style-type: none"> Los tres almacenes se encuentran separados entre sí, y los tres almacenes requieren de custodia y controles en la entrega de material para el manejo del inventario y el cálculo de los costos, por lo tanto se propone que en la nueva distribución además de que éstos se conviertan en áreas de almacenamiento separadas físicamente del resto del proceso, éstos se encuentren cerca de manera que sin entorpecer el flujo del proceso, un solo administrador del inventario pueda mantener el control del mismo en los tres almacenes.

Continuación Tabla 3

Almacenes de materia prima pesada y especial.	<ul style="list-style-type: none"> • Los almacenes deben estar separados físicamente del resto del proceso productivo para dar cumplimiento a la normatividad INVIMA en condiciones sanitarias de fabricación.
Zona de corte	<ul style="list-style-type: none"> • Es absolutamente necesario que en esta zona como en todas las demás zonas de la planta, se encuentre demarcada, señalizada y delimitada el área de trabajo y el área de tránsito de personal usando pintura epóxica de tráfico pesado y una convención de colores que diferencie un área de la otra.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere que la cinta métrica se incorpore sobre la mesa de corte, en un riel o guía para la tubería y el material que vaya a ser cortado, de manera que se reduzca el error por percepción del operario sobre la medida, reduciendo así reprocesos para reacomodar las medidas inicialmente diseñadas o productos no conformes en producción y en manos del cliente.
Zona de corte	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere también que la prensa que se usa para sostener el tubo mientras se pasa el corte también se encuentre empotrada a la mesa, de esta manera no se continúe usando una herramienta externa como el hombrosolo que puede causar errores en el corte, éste mecanismo de prensa debe ser sencillo para prensar o soltar, de manera que brinde la estabilidad requerida sin generar demoras innecesarias para el proceso.
	<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario utilizar un tope sobre la mesa de corte que indique el punto hasta dónde va el tubo para que la medida del corte sea la correcta, de esta manera se puedan hacer cortes más certeros y en serie.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere incorporar en la zona un gabetero con un tablero de herramientas donde el operario pueda disponer de las herramientas necesarias para realizar su proceso de corte y de esta manera no tener que buscar herramientas prestadas en otras áreas, así disminuir demoras.
Zona de doblado	<ul style="list-style-type: none"> • La zona de doblado también requiere demarcación con pintura para su área de trabajo y las áreas de tránsito de personal y material que se encuentren a su alrededor.

Continuación Tabla 3

Zona de doblado	<ul style="list-style-type: none"> • La máquina de doblado requiere un mecanismo similar al propuesto en el área de corte para medir con exactitud el tubo que se va a doblar, utilizando una cinta métrica incorporada a la máquina cuya medición inicie exactamente donde inicia el arco del tubo doblado, de esta manera reducir las variaciones en las medidas de los productos finales.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere establecer muy bien en el procedimiento de doblado de tubería la forma correcta de medir y ubicar el tubo para que las medidas sean las esperadas.
Áreas de soldadura	<ul style="list-style-type: none"> • Las áreas de soldadura se recomienda ubicarlas en un área completamente dedicado a soldadura y que se encuentre separada físicamente de las demás áreas de la planta, pues los gases emitidos por la soldadura resultan nocivos para todos los operarios.
Áreas de soldadura	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda que el área de soldadura tenga campanas extractoras sobre cada puesto de trabajo, para disminuir el riesgo de inhalación de dichos gases por parte de los operarios implementando controles sobre el medio, ya que los controles sobre el operario (elementos de protección personal como máscara de soldadura, guantes, botas aislantes, overol y demás) ya se tienen establecidos e implementados.
Zona de torneado	<ul style="list-style-type: none"> • El torno requiere un trabajo continuo y programado para producir piezas y tener inventario suficiente de manera que se atienda la demanda de servicios de torneado requerida por la planta productiva.
	<ul style="list-style-type: none"> • La zona de torneado como las demás requiere un gabinete con su tablero de herramientas y un medio de ingreso y salida del material procesado de forma organizada.

Continuación Tabla 3

<p>Pintura electrostática</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dado que por órdenes de gerencia se requiere adaptar un área de pintura electrostática para la planta y que ésta funcione de la misma manera que lo hace su actual proveedor de servicio y socio, se hará un diseño a la medida para la zona de pintura que contemple la demanda actual de servicios por parte de la planta y un índice de crecimiento de la unidad indicado por la gerencia, se entregará a la gerencia un resultado de la mejora en tiempo que genere la inclusión de esta área y de esta manera se pueda tomar la decisión a cerca de la inclusión de la misma en la nueva planta productiva.
<p>Zona de ensamble final</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ésta presenta errores comunes a los presentados en las demás áreas, pues no se encuentra delimitada ni está dotada con los elementos necesarios para desarrollar su labor, pues no cuenta con herramienta requerida disponible en todo momento y tampoco con un sitio en el que se pueda organizar y almacenar dicha herramienta de manera adecuada y ordenada para reducir pequeños despilfarros.

6.2. Análisis del sistema productivo:

Ya en varias oportunidades se ha mencionado que la gerencia general de LH SAS ha querido impulsar el crecimiento de las unidades productivas de Salud en Casa, y que este hecho es precisamente el factor causal de la elaboración del presente proyecto de distribución de planta, a continuación se describirá el aporte de cada una de las familias de producto que se fabrican en Bed Lab, y cuál es su porcentaje de producción, para intentar entender el rumbo que debe tomar el diseño de la planta productiva y el impacto que debe generar en la satisfacción de la demanda.

6.2.1. Análisis de la producción y la demanda:

La planta productiva Bed Lab está configurada como una única línea de producción dividida en centros de trabajo, por los cuales pasa la materia prima o el producto en proceso en función de la referencia que se esté fabricando en determinado momento. En Bed Lab se fabrican un total de 30 referencias, y esta cantidad va en aumento debido a los constantes desarrollos y mejoras que se realizan a los productos. Esta cantidad de referencias se reduce a un total de tan solo 6 familias de productos con algunas variaciones menores en cada uno, de manera que, para analizar las programaciones de producción, las estimaciones de demanda y los

históricos de ventas se tomarán como referencia los datos por familias de productos para el año 2015.

El proceso productivo de cada una de estas familias está compuesto por combinaciones de estaciones de trabajo a recorrer, materia prima, insumos o en general recursos que utilizar, y tiempos para realizar cada operación. En Bed Lab, las secuencias de producción por familia de productos no estaban definidas, por lo cual se vio la necesidad de elaborar los diagramas de operación para la fabricación de cada familia de producto, éstos diagramas se generan a través de la observación del proceso, la experiencia de los operarios y la guía del coordinador de la producción.

Los datos de producción obtenidos para Bed Lab en el año 2015 fueron los mostrados a continuación.

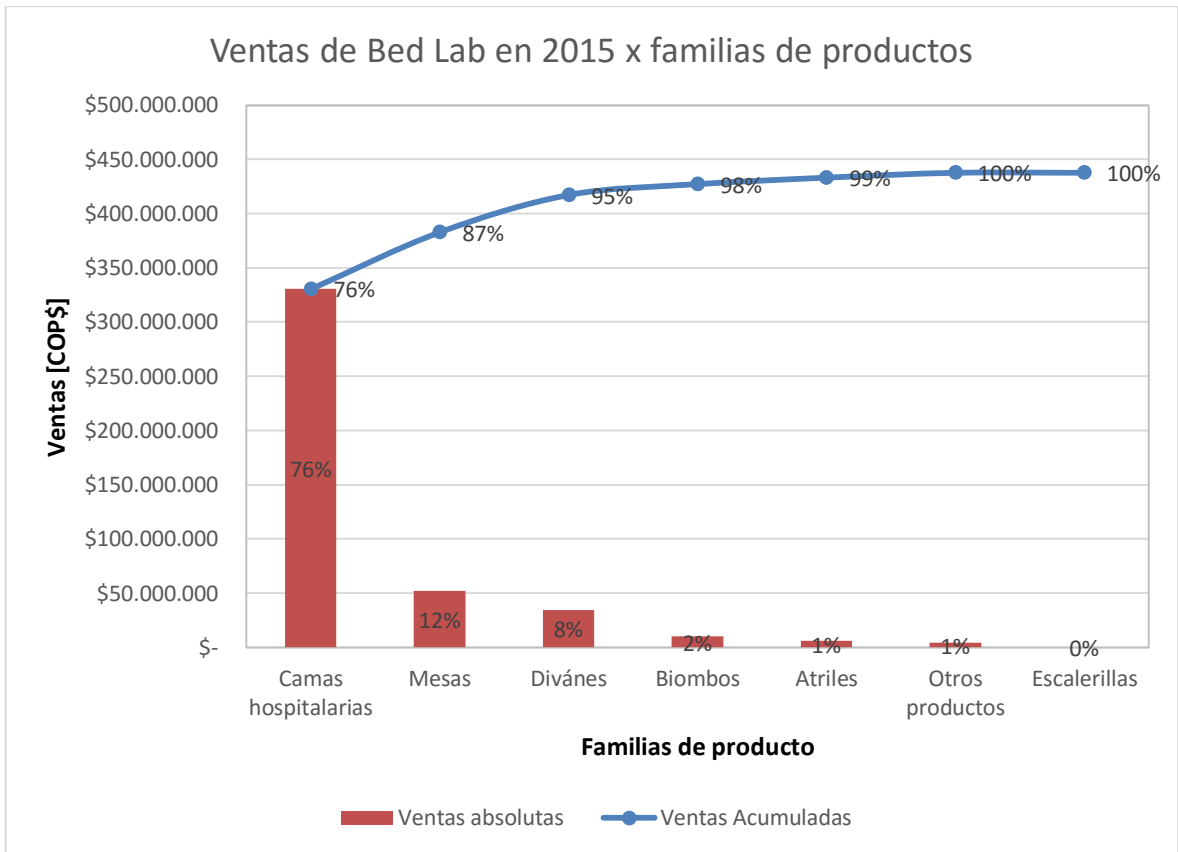
Tabla 4 Datos de producción de Bed Lab por familias de productos (2015)

Producción de Bed Lab en 2015				
Familia de productos	Cantidad	% Cantidad	Precio Venta Total	% Ventas
Camas hospitalarias	75	19%	\$ 330.530.194,00	76%
Mesas	176	44%	\$ 52.266.957,00	12%
Divanes	68	17%	\$ 34.321.292,80	8%
Biombos	42	11%	\$ 9.970.140,00	2%
Atriles	16	4%	\$ 5.970.144,00	1%
Otros productos	20	5%	\$ 4.477.620,00	1%
Escalerillas	0	0%	\$ -	0%
Total	397	100%	\$ 437.536.347,80	100%

Fuente: Departamento financiero

Allí se puede observar como el 19% de las unidades producidas en Bed Lab representan el 76% de los ingresos obtenidos por líneas hospitalarias a través de sus ventas de mobiliario hospitalario, dicho 19% corresponde a la producción de la familia de camas y camillas hospitalarias, esta información se hace más evidente en el siguiente gráfico:

Gráfico 3 Producción Bed Lab 2015 por familias de productos



Fuente: Departamento financiero

Además de los resultados numéricos, la intensión estratégica de impulsar la producción y por ende la posterior venta de camas hospitalarias se debe entre otros factores a la imagen que proyecta la compañía hacia el sector de la salud, pues cuenta con un completo portafolio que abarca desde el material quirúrgico y elementos necesarios para el quirófano, pasando por esterilizadores necesarios en las clínicas, hasta el cuidado y recuperación de pacientes en casa. Todas esas líneas ya con un reconocimiento y un posicionamiento importante en el mercado, con lo que lograr el posicionamiento de la línea de mobiliario hospitalario le brindaría a la compañía un elemento de recordación importante entre el gremio de la salud, ofreciendo un portafolio redondo para atender a cualquier licitación con un alcance que puede ir desde la dotación de instalaciones hospitalarias, hasta insumos quirúrgicos y consumibles generales, y finalmente la rehabilitación del paciente, todo esto representa para la gerencia una ventaja competitiva respecto a otras compañías que se especializan en solo uno de éstos mercados y suplen demandas

parciales, pero a la hora de ofrecer un portafolio completo a las instituciones no tienen los medios necesarios.

Teniendo en cuenta la abrumadora importancia que tienen las camas y camillas hospitalarias tanto en la visión de la gerencia como en la producción y demanda de la unidad productiva, se tomará como base para la distribución de la planta productiva, el proceso de fabricación de la familia de camas y camillas hospitalarias.

6.2.2. Análisis de despilfarros:

Volviendo al desarrollo actual de las operaciones en la planta de Bed Lab, se puede observar en el anexo A gran cantidad de recorridos que atraviesan en algunas circunstancias toda la planta productiva para pasar de la operación de punteado o acordonado a las de ensamble y control de calidad, que se realizaban en el área de torneado, sin contar además con demarcación, delimitación o pasillos de tránsito de personal y material seguros entre las zonas, lo que convertía el proceso en algo realmente caótico.

Para continuar con el diagnóstico de despilfarros en la planta productiva, se realizó un estudio de 5MQS mediante un ensayo en fábrica, que arrojó los siguientes resultados: (Anexo C)

Tabla 5. Identificación de despilfarros (5MQS)

Lista de chequeo de identificación de despilfarros (5MQS)					
Empresa:	LH S.A.S. (Líneas Hospitalarias)		Unidad:	Producción de mobiliario Hospitalario (Bed Lab)	
Autor:	Jhonatan Arenas Hernández		Cargo:	Coordinador de calidad	
Tipo de despilfarro	Descripción del despilfarro	¿Existe?	Magnitud 1= Baja 5=Alta	Causas	Planes de mejora
Relacionado con personas (46,6%)	Movimientos y traslados para llevar y traer cosas	Si	4	Los operarios se tienen que prestar algunas herramientas y máquinas, pues no todos tienen sus herramientas suficientes de uso diario	Se deben clasificar las herramientas según su uso, si es diario, semanal, mensual, etc. para conseguir que todos tengan lo necesario y establecer cuáles pueden ser compartidas de manera que no se genere despilfarro en movimientos.
	Observaciones cuando se trabaja con máquinas automáticas	No	0	La producción no cuenta con máquinas de éste tipo (automáticas)	
	Búsquedas en el puesto de trabajo	Si	3	No cuentan con un sistema de organización de las herramientas en su puesto de trabajo (ej. Tablero de herramientas) no hay organización	Implementar tableros de herramientas con posiciones únicas para cada herramienta, ubicar los tableros cerca del operario, y organizarlos desde las herramientas que más usa hacia las que menos usa.

Continuación tabla 5

Tipo de despilfarro	Descripción del despilfarro	¿Existe?	Magnitud 1= Baja 5=Alta	Causas	Planes de mejora
Relacionado con máquinas (40%)	Poseer grandes máquinas que hacen obligatorio el trabajo por lotes aumentando el tiempo de ciclo de producción	No	0	La producción no cuenta con máquinas de éste tipo	
	Inexistencia de programas de mantenimiento, lo cual puede generar daños y paros en producción	Si	4	La dirección desconoce la diferencia en costo entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo, por lo cual no ha designado recursos para un área de mantenimiento de maquinaria.	Generar un área de mantenimiento y soporte técnico general para la compañía que atienda tanto los programas de mantenimiento de las diferentes áreas productivas como el soporte técnico de las mismas e incluso de los clientes, de esta manera el costo de operación de dicho departamento sería mucho menor
	Transportadores automáticos que no agregan valor al producto	No	0	No se cuentan con mecanismos de transporte automáticos	
	Poca utilización de algunas máquinas	Si	4	Se tiene un torno, una cortadora hidráulica y una prensa que hasta ahora no tienen utilidad, el torno no se utiliza todo el tiempo.	Establecer si realmente el proceso productivo requiere la utilización de estas máquinas, si el problema es el personal operador, contratar quien las opere, para ello es necesario evaluar el costo de operación de las máquinas y si la planta realmente lo requiere y lo puede costear.

Continuación tabla 5

Tipo de despilfarro	Descripción del despilfarro	¿Existe?	Magnitud 1= Baja 5=Alta	Causas	Planes de mejora
Relacionado con materiales (0%)	Empleo de partes innecesarias y que el cliente no valora	No	0		
	Empleo de partes que no satisfacen la función básica del producto	No	0		
	Empleo de partes costosas que pueden ser reemplazadas por otras	No	0		
Relacionados con la dirección (0%)	Las reuniones cuando no generan decisiones	No	0		
	Gastos en comunicaciones internas	No	0		
Relacionado con métodos (95%)	Producción en grandes lotes, porque involucra espacio, papelería, etc.	No	4	Aun cuando no se tiene certeza sobre la demanda de productos, desde la dirección la orden ha sido continuar produciendo cantidades aleatorias de sus referencias, sin detenerse a analizar cuáles son las cantidades más adecuadas para producir y atender la demanda. Esto genera entre otras cosas deterioros de producto terminado y reproceso que generan costo a los productos.	Se hará un análisis de la demanda basado en los datos históricos de ventas de la planta y el crecimiento del mercado y del sector, para determinar las cantidades necesarias para producir y así sugerir lotes de producción específicos que puedan dar respuesta a la demanda esperada.

Continuación tabla 5

Tipo de despilfarro	Descripción del despilfarro	¿Existe?	Magnitud 1= Baja 5=Alta	Causas	Planes de mejora
Relacionado con métodos (95%)	Transportes o desplazamientos , porque al cliente no le interesa cuántas veces fue transportado el producto	Si	5	Dentro de la misma planta de producción y fuera de ella, la distribución de la planta no fue estudiado antes de su implementación, solo se ubicaron las máquinas y puestos de trabajo en los lugares donde podían caber, además el proceso productivo requiere enviar partes y el producto completo a procesos externos que ellos llaman servicios, estos desplazamientos son costosos y demorados, y agregan costo al producto, uno que el cliente no valora.	En primera medida el estudio de la distribución de planta del que trata el presente proyecto, pretende disminuir los recorridos internos en la planta, además se recomienda evaluar la posibilidad de incluir a futuro el proceso de revestimiento con pintura electrostática, dependiendo del volumen de producción y el costo de dicha inclusión, dentro del proceso productivo en la planta.
	Métodos y prácticas inadecuadas de trabajo	Si	5	Se desconoce la capacidad de los puestos de trabajo, por lo tanto, el grueso de la producción se realiza atendiendo a una demanda subjetiva establecida por la gerencia de acuerdo con su experiencia y conocimiento del sector y no estudiando el comportamiento de la demanda en el tiempo, no se evalúa si la programación de la producción satisface al mercado en el tiempo y a que costo.	Se sugiere al coordinador de producción realizar un estudio de capacidad de la planta después de implementar la distribución a la cual apunta este proyecto, y a partir de dicho estudio de capacidad establecer una programación de producción más completa que apunte a satisfacer los datos de demanda que emita el área de mercadeo de la unidad de Salud en Casa.

Continuación tabla 5

Tipo de despilfarro	Descripción del despilfarro	¿Existe?	Magnitud 1= Baja 5=Alta	Causas	Planes de mejora
Relacionado con métodos (95%)	Inventarios, porque involucran dinero invertido, espacio, logística.	Si	5	El espacio ocupado por inventarios de materias primas oscila entre el 6,33% y el 10,12% del área total de la planta, dado que en ocasiones es más conveniente la compra de volumen de estas materias primas para acceder a descuentos, y estos productos no se deterioran en gran medida por lo cual no se considera un gran despilfarro; sin embargo los inventarios de producto terminado si se consideran un alto despilfarro pues por lo general ocupan más del 20,43% del área total de la planta, generando mucho desorden que deriva en detrimento de la productividad de la planta, al igual que algunos inventarios de producto en proceso, sin contar que además éstos mismos inventarios de producto aprobado terminan por deteriorarse con el paso del tiempo.	La gerencia tiene un proyecto a mediano - largo plazo en el que se pretende integrar tanto las áreas administrativas como las productivas y el almacenamiento y distribución de productos terminados en un mismo espacio, con lo cual además de facilitar muchos procesos administrativos agregaría mucha más fluidez a la operación en general, de forma que se solventen en gran medida las situaciones que se presentan con los productos terminados en las plantas de producción, además se propone generar un inventario de producto semi - terminado, de manera que se evite el deterioro de los productos pintados y terminados, y cuando se requiera suplir un pedido, los productos que estén como semi-terminados pasen a pintura terminados y ensamble y salgan de la planta en poco tiempo y en excelentes condiciones.

Continuación tabla 5

Tipo de despilfarro	Descripción del despilfarro	¿Existe?	Magnitud 1= Baja 5=Alta	Causas	Planes de mejora
Relacionado con calidad (70%)	Producción de defectuosos, porque al producto sólo se le agregó valor hasta la pérdida, de ahí en adelante se agregó costo. Además de tener en cuenta el costo adicional de reparación.	Si	3	Actualmente existen pocas estrategias de calidad aplicada al producto implementadas en las plantas de producción, con lo cual el control de la calidad del producto se limita únicamente a ello, a inspecciones de control durante y después del proceso, aunque ya se está trabajando junto con el equipo de operarios en conseguir disminuir de forma importante el porcentaje de errores estudiando mejoras que puedan contribuir a la administración de la calidad.	Implementar diferentes estrategias encaminadas a mejorar la calidad del producto y llevar los controles al mínimo con el diseño de excelentes métodos de trabajo, estrategias como 5S's y Seis Sigma podrían arrojar resultados correctos para mejorar la calidad de los productos y disminuir reprocesos; esto debería ser una prioridad una vez ubicados en la nueva planta productiva.
	Las inspecciones porque no agregan valor al producto	Si	4		
Relacionado con seguridad (40%)	Los accidentes de trabajo ocasionan paros y retrasos en la producción	Si	2	La cifra de accidentes laborales incapacitantes fue en 2015 de 8 en el año, con un promedio de 3,5 días de incapacidad, mientras que la cifra general de ausentismo para el mismo año fue de 14 y su promedio fue de 3,3 días de incapacidad, con lo cual se ha generado una disminución en el ritmo del trabajo. Sin embargo, los operarios están en capacidad de cubrir las funciones de sus compañeros en cuanto se requiere.	La organización es la clave para disminuir los accidentes de trabajo, capacitar por parte del área de Seguridad y Salud en el Trabajo a los colaboradores acerca del manejo de plagas puede ser una medida conveniente ya que muchas incapacidades han sido por enfermedades transmitidas por plagas.

Todas estas propuestas de mejora se presentan junto con el informe final del proyecto a la gerencia, junta directiva y al equipo directivo y de coordinación del proceso productivo, y aunque se participará activamente en la implementación de la mayoría de estas propuestas de mejora, dicha implementación no hace parte del alcance de éste proyecto.

6.3. Diagnóstico de la situación actual y la capacidad productiva:

En esta etapa se pretende analizar si la capacidad productiva de la planta de producción de Bed Lab es suficiente para dar cumplimiento a la demanda de productos requerida por el mercado. En el momento del análisis, los tamaños de lotes de producción están dados por la solicitud de gerencia quien basándose en su conocimiento del mercado, su visión de expansión del negocio y el análisis de oportunidades de nuevos negocios de dotación hospitalaria determinaba las referencias y los tamaños de los lotes a fabricar, con el paso del tiempo ese análisis se ha venido complementando y afinando con el aporte del área de mercadeo desde donde se analiza el entorno económico, la competencia y los posibles mercados en los cuales se pueda impulsar o posicionar el producto para que junto con la apreciación de la gerencia se genere un estimado de la demanda mensual de productos para Bed Lab, sin embargo aún sigue primando la palabra de la gerencia a la hora de programar corridas de producción altas y no determinar si éstas cantidades son o no adecuadas para la empresa.

Para determinar si la capacidad instalada de la planta actualmente puede suplir la demanda de productos, fue necesario realizar un estudio de tiempos que permita determinar los tiempos tipo de cada operación, pues éstos no estaban establecidos ni estandarizados para la planta de producción:

6.3.1. Estudio de tiempos:

Para dar cumplimiento al objetivo número 4 se realizó un estudio de tiempos por cronómetro al sistema productivo antiguo, para ello se utilizó la metodología planteada por el Ingeniero Nestor Raúl Ortiz Pimiento en su libro Análisis y Mejoramiento de los Procesos de la Empresa¹⁵ para ello se llevó a cabo inicialmente una fase de observación del trabajo, durante esta etapa que comprendió seis visitas a la fábrica en horas de la mañana y en horas de la tarde durante tres días consecutivos en los cuales se estaba llevando a cabo la fabricación de un lote de 30 camas hospitalarias de la referencia CHE-2M-2A-4P V2 que corresponde a una

¹⁵ ORTIZ P. Néstor Raúl. Análisis y Mejoramiento de los Procesos de la Empresa. Primera edición. Colombia, Universidad Industrial de Santander, 1999. P 207.

Cama Hospitalaria Eléctrica de dos movimientos, dos actuadores, y cuatro planos con tendidos plásticos, durante las visitas se estudió la secuencia del proceso productivo y se tomó una primera muestra de los tiempos de cada operación. A continuación, se siguió la ya mencionada metodología de la siguiente manera:

6.3.1.1. Selección de un trabajador promedio:

Debido a que el estudio de tiempos se iba a realizar en todas las estaciones de trabajo, y que en su mayoría ellas cuentan con un operario por estación, se determinó que para el área de corte se iba a realizar el estudio de las operaciones allí realizadas con el auxiliar de corte, para las operaciones del área de soldadura se realizaría el estudio con uno de los tres soldadores (Oscar Alirio García Ramírez) Para la operación de electro pintura por ser un servicio externo se determinaron los tiempos de acuerdo con el tiempo de servicio que ofrece el proveedor del servicio basados en el número de unidades enviadas a pintura, Para las operaciones realizadas en el área de ensamble se trabajó con un soldador que regularmente realiza labores de ensamble (John Edinson Jiménez Solano) y finalmente para las operaciones realizadas en el área de despachos también se definió trabajar con el auxiliar de corte quien generalmente desarrolla esta labor.

6.3.1.2. Determinación del ciclo de trabajo:

De acuerdo con el Anexo J. se determina que el proceso productivo está definido por diferentes etapas de ensamble denominadas operaciones, el listado total de operaciones, y que cada referencia fabricada se realiza por medio de una fórmula o secuencia específica de dichas operaciones a seguir, de manera que a partir de lo que el coordinador de producción denomina árbol de procesos, se fabrica el Anexo D (diagramas de operación) y de esa manera se determinan cada una de las actividades que se deben cronometrar, éstas se consignan en el Anexo F (Tiempos de ciclo por proceso) en la primera pestaña (Generales)

6.3.1.3. División del ciclo de trabajo en elementos:

A través de la observación y con el apoyo de los mismos operarios quienes describían detalladamente cada pequeña actividad que los llevaba a cumplir con una operación, se realizó en el Anexo K el desglose de cada operación en sus elementos, el desarrollo de esta actividad requirió nuevamente de una semana de visitas diarias de por lo menos hora y media en las cuales se observaba a detalle el trabajo realizado y se consignaban en borrador las actividades observadas.

6.3.1.4. Determinar el número de ciclos (observaciones) que deben registrarse:

Con el fin de obtener una estimación lo más confiable posible del tiempo tipo de cada una de las operaciones, se requirió inicialmente una primera medición del tiempo requerido por cada operación, dicha medición se tomó de una tabla de tiempos tomados por la coordinación de producción con muy pocas muestras y sin los suplementos requeridos, dichos tiempos eran utilizados hasta la fecha como base para calcular los costos de producción, la tabla se encuentra en el Anexo K. en la segunda pestaña denominada Tiempos de Producción Antiguos, y su autoría es por el coordinador de producción.

Tomando como base la tabla de tamaño de muestra recomendado para un tiempo de ciclo en minutos determinado presentada por la Oficina Internacional del Trabajo (Tabla 6) se determinó entonces con los tiempos ya mencionados la cantidad de ciclos a medir para cada operación.

Tabla 6. Tamaño de la muestra en estudio de tiempos por cronómetro.

TIEMPOS DEL CICLO EN MINUTOS	NÚMERO DE CICLOS RECOMENDADO
Hasta 0.10	200
Hasta 0.25	100
Hasta 0.50	60
Hasta 0.75	40
Hasta 1.00	30
Hasta 2.00	20
Hasta 5.00	15
Hasta 10.00	10
Hasta 20.00	8
Hasta 40.00	5
Más de 40.00	3

Fuente: Oficina Internacional del Trabajo. Introducción al Estudio del Trabajo. México. 1997

Una vez determinado el tamaño de la muestra o número de mediciones que se deben realizar para cada operación, se programó junto con el Coordinador de Producción las fechas de las visitas para medir los tiempos, de manera que coincidiera con la programación de la producción y así se pudieran hacer las

mediciones de tiempos requeridas en la totalidad de las operaciones relacionadas en el Anexo K.

6.3.1.5. Seleccionar el sistema de medición de tiempos:

Para realizar la medición de tiempos se contó con un cronómetro de tipo deportivo CASIO HS-3(V) como el que se observa en la siguiente imagen:

Ilustración 1. Cronómetro CASIO HS-3(V) usado para tomar los tiempos



Esta referencia cuenta con la función LAP por medio de la cual se puede cronometrar utilizando el sistema de medición repetitivo o de vuelta a cero, pues una vez se registra la medición del tiempo, el cronómetro continúa midiendo el tiempo, pero volviendo a cero su conteo cada vez.

6.3.1.6. Escala de valoración:

Previo a la medición de tiempos, se hicieron 10 visitas de inspección del trabajo de dos horas diarias durante dos semanas, esto con el fin de que el analista tuviera una referencia acerca del ritmo normal de trabajo, además para facilitar la valoración del trabajo se eligió la escala porcentual para realizar dicha valoración.

6.3.1.7. Diseñar el formato de registro de datos:

El formato de registro de datos se diseñó de manera tal que se pudiera llevar la mayor parte de datos registrados incluso antes de la etapa de registro, por ejemplo, los ciclos a observar, los elementos que se presentarán en cada ciclo, los datos del proceso (operación) a medir, datos del analista, de los horarios programados para la medición, entre otros. A continuación, se presenta una muestra del formato utilizado:

Ilustración 2. Muestra del formato utilizado para el registro de datos de tiempos.

CÓDIGO DEL PROCESO:		FECHA:	
NOMBRE DEL PROCESO:		HORA DE INICIO:	
NOMBRE DEL PRODUCTO:		TIEMPO DE INSPECCIÓN INICIAL:	
ÁREA:		TIEMPO DE INSPECCIÓN FINAL:	
NOMBRE DEL ANALISTA:		HORA DE FINALIZACIÓN:	

CICLO	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS	VALORACIÓN	TIEMPO OBSERVADO [seg]	TIEMPO NORMALIZADO [seg]
CICLO 1	A			
CICLO 1	B			
CICLO 1	1			
CICLO 1	2			
CICLO 1	3			
CICLO 2	1			
CICLO 2	2			
CICLO 2	3			
CICLO 3	1			
CICLO 3	2			
CICLO 3	3			
CICLO 4	1			
CICLO 4	2			
CICLO 4	3			

El formato fue diseñado para diligenciarse en forma digital de manera fácil y ágil, se llenó un formato similar por cada una de las operaciones medidas, la descripción de elementos se refiere a los elementos repetitivos (números) y no repetitivos (letras) de los que está compuesta la actividad u operación que se está midiendo. Los registros obtenidos para las mediciones se encontrarán en el Anexo E (Tablas de tiempos normalizadas por proceso).

6.3.1.8. Registrar los datos:

Como se especificó en la sección anterior, el registro de los datos se realizó de forma digital con la utilización de un cronómetro, para evitar las interrupciones, el

analista contó con el apoyo de una auxiliar asignada por la empresa, quien fue la encargada de registrar las valoraciones y los tiempos en el formato en digital, mientras que el analista se encargó de observar los elementos y ciclos, manejar el cronómetro, emitir la valoración del ritmo de trabajo y dar lectura al tiempo observado en cada ciclo para que éste se registrara.

6.3.1.9. Calcular el tiempo normalizado promedio por elemento:

El cálculo del tiempo normalizado se realizó directamente sobre el formato de toma de datos, dado que éste se manejó en forma digital, se asignó una columna para el tiempo normalizado con la siguiente fórmula:

$$T_{normalizado} = T_{observado} \times Valoración / 100$$

Después de realizar el cálculo de los tiempos normalizados en cada una de las mediciones de cada elemento, por medio de una tabla dinámica se calculó el promedio de los tiempos normalizados para cada uno de los elementos. Todos éstos cálculos se encuentran en el mismo Anexo E. (Tablas de tiempos normalizados por proceso).

6.3.1.10. Asignar suplementos:

Después del cálculo de los tiempos promedio normalizados por proceso, se utilizó la tabla de suplementos por descanso y necesidades personales que se muestra a continuación para asignar suplementos a cada elemento registrado:

Tabla 7. Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales		5	7
B. Suplemento base por fatiga		4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4	4	45
B. Suplemento por postura anormal				2	100
	Ligeramente incómoda	0	1		
	incómoda (inclinado)	2	3		
	Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)					
	Peso levantado [kg]				
	2,5	0	1		
	5	1	2		
	10	3	4		
	25		9		20
			máx		
	35,5	22	---		
D. Mala iluminación					
	Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0		
	Bastante por debajo	2	2		
	Absolutamente insuficiente	5	5		
E. Condiciones atmosféricas					
	Índice de enfriamiento Kata				
	16		0		
	8		10		
F. Concentración intensa					
	Trabajos de cierta precisión			0	0
	Trabajos precisos o fatigosos			2	2
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos			5	5
G. Ruido					
	Continuo			0	0
	Intermitente y fuerte			2	2
	Intermitente y muy fuerte			5	5
	Estridente y fuerte				
H. Tensión mental					
	Proceso bastante complejo			1	1
	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos			4	4
	Muy complejo			8	8
I. Monotonía					
	Trabajo algo monótono			0	0
	Trabajo bastante monótono			1	1
	Trabajo muy monótono			4	4
J. Tedio					
	Trabajo algo aburrido			0	0
	Trabajo bastante aburrido			2	1
	Trabajo muy aburrido			5	2

Fuente: Oficina Internacional del Trabajo, Introducción al estudio del trabajo. Segunda edición.

Con el siguiente modelo de tabla, se asignaron por medio de observación de la labor y de acuerdo con la descripción de cada elemento los suplementos correspondientes a cada uno:

Tabla 8. Tabla para asignar los suplementos por descanso y necesidades personales a cada elemento.

Elementos del ciclo	Promedio de TIEMPO NORMALIZADO [Seg]	Veces que se repite por ciclo	Suplementos constantes	De pie	Postura anormal	Uso de fuerza	Mala iluminación	Condiciones atmosféricas	Concentración Intensa	Ruido	Tensión mental	Monotonía	Tedio	Tiempo Asignado
1	11,2914	1	9	2	0	7	0	3	0	2	0	0	0	13,89
2	14,9725	1	9	2	0	0	0	3	0	2	0	0	0	17,37
3	3,0185375	1	9	2	0	0	0	3	0	2	0	0	0	3,50
A	102,13	0,0250	9	2	0	7	0	3	0	2	0	0	0	3,14
B	59,35025	0,0833	9	2	0	7	0	3	0	2	0	0	0	6,08
Total general														43,98

Además de ello, en la tabla anterior se consideró también la asignación de los elementos no repetitivos al tiempo total de la tarea, incluyendo por supuesto los suplementos correspondientes a éstas actividades igual que a las demás.

6.3.1.11. Resultados del estudio de tiempos:

Los resultados del estudio de tiempos son los tiempos asignados o tiempos tipo para cada una de las actividades u operaciones que se realizan en la planta y sobre las cuales está configurada la secuencia de producción de cada referencia, éste resultado se presenta en el Anexo F. Tiempos de Ciclo por Producto, en la primera pestaña denominada “Generales” a partir de las siguientes pestañas se presenta una tabla con las actividades, los tiempos y las áreas donde se desarrollan dichas actividades necesarias para el ensamble de cada referencia de la familia en estudio (camas y camillas hospitalarias). Para determinar los recursos restrictivos de la planta, se debe tener en cuenta la cantidad de puestos de trabajo por área requerida con los cuales se contaba en el momento del estudio: 1 puesto de corte, 3 puestos de soldadura, 1 operario de ensamble (que en realidad cuando se requería podía aumentar su capacidad usando más operarios de otros procesos) 1 taller de electropintura (se toma de esta manera pues para el cálculo de los tiempos se consideró como un servicio completo el tiempo de electropintura) y 1 operario para acondicionamiento y embalaje en la zona de despacho.

Tomando del estudio de tiempos la suma de los tiempos requeridos por área en la fabricación de cada referencia, las horas semanales laboradas por cada área y la cantidad de puestos de trabajo en cada área, se halla la capacidad máxima de

fabricación de unidades por área, a continuación, se presenta un ejemplo de la tabla de relación entre las ya mencionadas variables para la referencia CHE-3M-3A-4P V1

Tabla 9. Promedio de capacidad de producción por área para la CHE-3M-3A-4P V2 (Anexo F)

Etiquetas de fila	SUMA DE TIEMPO ASIGNADO [HRS]	TIEMPO LABORADO POR PUESTO DE TRABAJO [HRS/SEM]	CANTIDAD DE PUESTOS DE TRABAJO	PROMEDIO DE REFERENCIAS FABRICADAS A LA SEMANA
ÁREA DE CORTE	0,878152596	44,5	1	50,67456406
ÁREA DE SOLDADURA	11,09511975	44,5	3	12,03231718
ÁREA DE ENSAMBLE	0,875388889	44,5	1	50,83454972
PLANTA DE PINTURA	0,8	44,5	1	55,625
Total general	13,64866123			

Analizando la capacidad de producción por áreas para cada una de las referencias estudiadas, se puede encontrar que el recurso restrictivo es el área de soldadura, pues aunque se cuenta con tres puestos de trabajo dedicados a realizar labores de punteado y acordonado y los tres puestos de trabajo se pueden reconfigurar rápidamente para realizar cualquiera de éstas labores correspondientes a soldadura, la configuración misma del proceso de soldado es muy complejo y lento, lo cual ubica a las áreas de soldadura como el recurso restrictivo para la producción de todas las referencias en estudio.

6.3.2. Estudio de métodos para las operaciones de soldadura:

Teniendo en cuenta que los resultados del estudio de tiempos arrojan como recurso restrictivo al área de soldadura, se hace necesario realizar una revisión específica de ésta área y proponer mejoras sobre el proceso que deriven en la disminución de los tiempos del mismo.

Revisando los diagramas de operación para la fabricación de cada referencia, se encuentra que efectivamente el punteado y acordonado de cada una de las estructuras que componen cualquiera de las camas hospitalarias está subdividida en muchos sub-ensambles lo cual genera un exceso en los tiempos requeridos para elaborar una sola pieza, la mayoría de estas operaciones se podrían reducir a una sola, por ejemplo, en el anexo D segunda pestaña muestra el diagrama de operación para la referencia CHE-3M-3A-4P V2 y en la Ilustración 3 una fracción de

dicho diagrama, en esta fracción del diagrama se describen los procesos de fabricación para llevar al soldado de la estructura inferior (Ilustración 4), y es evidente que se podría prescindir de las operaciones 3, 5 y 7 si todas las piezas se ensamblaran al tiempo y no en secciones como allí se muestra, para ello es indispensable el uso de “Weld jigs” o matrices de ensamble.

Ilustración 3 soldado de estructura inferior para la referencia CHE-3M-3A-4P V2

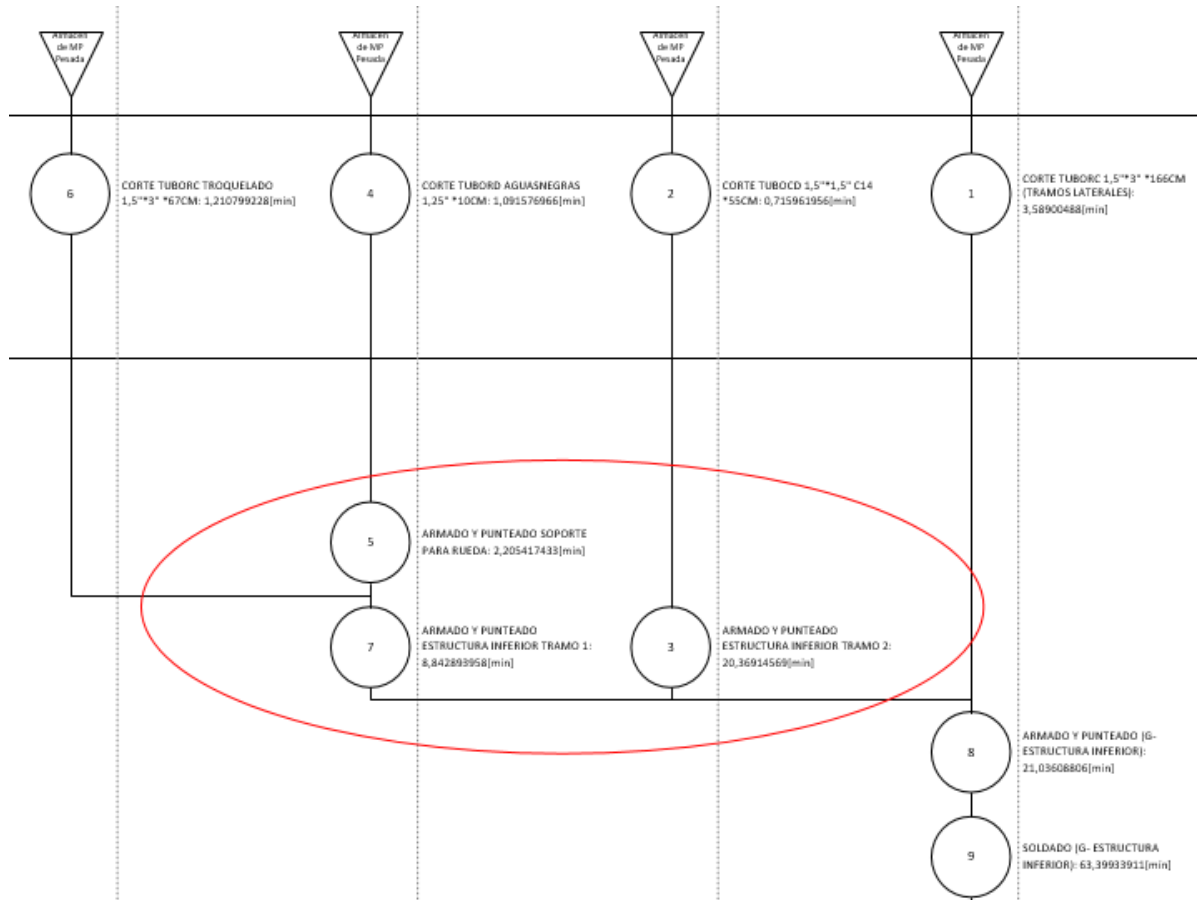
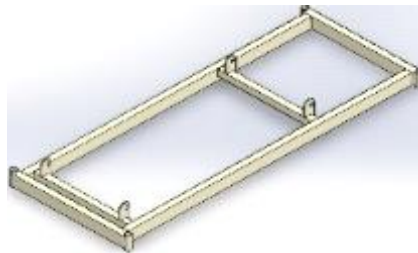


Ilustración 4. Render estructura inferior para CHE-3M-3A-4P V2



Haciendo un análisis de los movimientos que realiza el personal de soldadura, también se encuentra que para realizar el proceso de punteado y acordonado el soldador se debe agachar y levantar en repetidas ocasiones, lo cual le genera además de riesgo ocupacional, un exceso de movimientos que puede derivar en el aumento del tiempo para éstas operaciones, por tanto se sugiere además que la matriz se encuentre a una altura prudente para su trabajo (1,2 mts de alto máximo) o en lo posible que tenga la facilidad de ser graduable en altura, incluso si la matriz se pudiera rotar para facilitar la labor sería mucho más práctico y rápido para el soldador.

6.3.3. Capacidad requerida para suplir la demanda

Como se demostró con el estudio de tiempos, el recurso restrictivo para la producción de cualquiera de las referencias estudiadas siempre es el área de soldadura, dado que los procesos que allí se ejecutan son los que gastan más tiempo en llevarse a cabo, en ese orden de ideas hay dos vertientes por las cuales se puede disminuir la brecha que existe entre los procesos de soldadura y los demás procesos para que así la producción fluya con más armonía y se disminuyan por ejemplo los inventarios de producto en proceso, además de que se pueda cumplir con demandas más grandes.

La primera opción es ampliar la capacidad instalada para el área de soldadura, opción que puede ser la más evidente pero también puede ser la más costosa para la empresa, pues ella implica adquirir equipo nuevo, ocupar espacio adicional, contratar más soldadores, y capacitar con todo lo que ello implica teniendo en cuenta por ejemplo los recursos utilizados para capacitación y la misma curva de aprendizaje del personal entrante.

La segunda opción y la recomendada por la teoría antes de recurrir a cualquier estrategia de aumento de capacidad es el estudio del método de trabajo, la mejora del mismo y la estandarización del proceso, con la cual no se invierten tantos recursos y se pueden conseguir resultados similares o mejores. Una primera medida para la mejora del proceso se encuentra en el diseño del puesto de trabajo, una mejor utilización de las áreas, espacio dedicado para los elementos requeridos y un diseño dedicado para la labor que se va a realizar, en segunda medida la estandarización del proceso, actualmente no existen documentos a los que el operario de éste u otros puestos de trabajo se puedan dirigir para aprender la manera en que deben realizar su labor por requerimiento de la empresa, entonces cada operario realiza la labor de forma diferente y tal vez no sea de la manera correcta o la más eficiente.

Atendiendo al mejoramiento de los procesos a través del diseño adecuado del puesto de trabajo, se hace imprescindible la ya mencionada implementación de Matrices de ensamble, estas son sub-estructuras sobre las cuales se puede montar la tubería, los ángulos, láminas y demás elementos necesarios para el ensamble de cada pieza, estas sub estructuras deben tener las medidas exactas requeridas por el diseño de cada referencia y pueden ser tan simples o tan complejas como se requiera, generalmente estas estructuras se fabrican en acero y su funcionamiento puede ser completamente manual, semiautomático o completamente automático, su utilización ha sido implementada con gran éxito sobretodo en empresas del sector automotriz, y adaptada por la mayoría de las empresas del sector metal-mecánico que requieran migrar su producción uno a uno a una producción en serie para dar cumplimiento a la demanda del mercado. Estas matrices generalmente están compuestas por una base que se denomina mesón, sobre la cual se ubican estructuras metálicas denominadas postes que tienen las medidas y ángulos necesarios para que las piezas metálicas (perfiles, tubos, láminas, etc) que se adhieran a dichos postes por medio de pisadores queden exactamente ubicados y cacen de la forma correcta para que la labor de punteado y acordonado se reduzca a una sola labor de acordonado de las piezas. Además de reducir las operaciones, se reducen de manera importante las modificaciones, rectificaciones y reproceso en esta área, pues las matrices tienen exactamente las medidas necesarias requeridas por la referencia a fabricar.

6.3.3.1. Análisis de la demanda:

En el momento del estudio, la demanda de la planta estaba dada por solicitud a producción de gerencia, quien solicitaba regularmente producción de lotes de alrededor de 30 camas, teniendo en cuenta la cantidad requerida y la cantidad de referencias que la planta se encuentra en capacidad de producir (Anexo F), se deduce que efectivamente la planta se encontraba en capacidad para producir las cantidades requeridas por gerencia, sin embargo, esto no quiere decir que sea la opción más adecuada.

A continuación, se realizará un análisis y proyección de la demanda para la línea de camas hospitalarias en LH SAS. Las pestañas 1 y 2 del Anexo S. muestran el comportamiento de la demanda para la familia de camas hospitalarias durante los años 2015 y 2016 respectivamente, de allí se destaca que para el 2015 la cuota de participación de la referencia CHE-3M-3A-4P V2 representa el 56,78% de las ventas del año, y para el 2016 ésta misma referencia cuenta con el 31,18% del mercado de camas hospitalarias, situándose en ambos periodos como la referencia más demandada. Además, en la pestaña 3 del mismo anexo encontramos que a pesar

de que hubo una disminución del 13,4% en ésta referencia de camas, en gran parte esta variación se da por una venta atípica que se presenta en agosto de 2015 de 25 camas la cual fue para atender un negocio puntual con una institución.

El análisis de la demanda se hará de acuerdo con la demanda proyectada para ésta referencia, teniendo en cuenta que la producción de camas hospitalarias para la planta de Bed Lab se quiere seguir manteniendo en un 75%, y que de ese porcentaje, el 30% estará reservado para la referencia específica CHE-3M-3A-4P V2, éstas proporciones en términos de capacidad de producción.

Tabla 10 Demanda mensual y crecimiento entre 2015 y 2016

Año	2015	2016	Crecimiento
enero	3	2	-33,33%
febrero	6	7	16,67%
marzo	2	8	300,00%
abril	8	3	-62,50%
mayo	4	6	50,00%
junio	1	8	700,00%
julio	7	2	-71,43%
agosto	25	5	-80,00%
septiembre	1	3	200,00%
octubre	1	4	300,00%
noviembre	3		-100,00%
diciembre	6	10	66,67%
Total general	67	58	-13,43%

Fuente: Departamento comercial

Para proyectar la demanda esperada para 2017, se tomó el informe del DANE acerca del PIB general y por sectores para los dos primeros trimestres de 2016 y para todo lo corrido del 2015, además se tomó como referencia una encuesta sobre estimaciones de crecimiento del PIB hecha por BANREP a los principales bancos a nivel nacional, la cual arroja resultados bastante cercanos a la realidad, de esta se tomó el aumento proyectado para 2017 del PIB, a partir de éstos datos, se extrapoló un posible crecimiento de la demanda de dicha referencia basados en el crecimiento

normalizado (sin datos atípicos) entre 2015 y 2016, finalmente se estima desde el área comercial que para la segunda mitad de 2017 factores como el cambio de la planta de producción, la consecución de nuevos negocios institucionales, y la aplicación de la estrategia comercial, generen un crecimiento esperado en las ventas de hasta un 50% adicional para la demanda mensual.

Tabla 11 Demanda estimada para 2017

	Demanda estimada ajustada para 2017	Lote de producción propuesto para evitar faltantes	Faltantes o sobrantes que se podrían presentar
enero	4	17	13
febrero	16	18	15
marzo	18	18	15
abril	12	18	21
mayo	23	18	16
junio	31	15	0
julio	4	15	11
agosto	12	14	13
septiembre	7	13	19
octubre	10	12	21
noviembre	18	12	15
diciembre	27	12	0

De todo el anterior análisis, se obtiene en el Anexo S. una demanda estimada para 2017 de 182 camas de la referencia CHE-3M-3A-4P V2, la cual debe representar hasta un 22,5% de la capacidad total de la planta (75% x 30%). El resultado de la demanda arroja un promedio de demanda mensual de 15 camas, sin embargo si se programase la producción con base en éste promedio, en Junio de 2017 se podría presentar un faltante de 12 camas para atender a la demanda estimada, y en Julio un faltante de una cama, por lo tanto, se ajustan las cantidades propuestas de producción encontrando que en Enero se sugiere fabricar un lote de 17 camas, desde febrero hasta mayo se sugiere fabricar lotes de 18 camas, en junio y julio lotes de 15 camas, en agosto un lote de 14 camas, en septiembre de 13 y para los últimos 3 meses del año lotes de 12 camas, de manera que no se llegue a presentar ningún desabastecimiento para atender la demanda estimada y ello le brinde a la

organización mayor elasticidad a la hora de cumplir un pico de demanda atípico que también se puede presentar a lo largo del 2017.

Con base en los resultados anteriores, se puede concluir este apartado entendiendo que el 22,5% de la capacidad de producción debería poder atender una corrida de producción de hasta 18 camas para el 2017.

6.3.3.2. Resultados de la mejora en el proceso productivo:

A lo largo del presente documento se han planteado dos mejoras específicas a dos etapas concretas del proceso productivo, una es la etapa de soldadura de las camas (comprendida por diferentes operaciones de punteado y acordonado) y la segunda es la propuesta de incluir dentro de la propia planta de producción un área para realizar el proceso de pintura electrostática, el cual hoy por hoy se realiza como un servicio externo, pero que genera muchas demoras antes de que sea enviado el material para ser recubierto, durante el proceso de recubrimiento y al momento de la entrega inspeccionando a detalle que el producto pase bajo los estándares de calidad requeridos.

Para evaluar la conveniencia de la propuesta de incorporar matrices de ensamble en el proceso de soldadura, se realiza el estudio del método a implementar, construyendo las matrices para la estructura superior y la estructura inferior de la cama de referencia CHE-3M-3A-4P V2, acto seguido se realiza estudio del método adecuado para realizar las nuevas operaciones derivadas de la mejora, éstas nuevas operaciones se consignan en el ANEXO R. DIAGRAMA DE OPERACIÓN PARA LA CHE-3M-3A-4P V2 CON MEJORAS PROPUESTAS y acto seguido se realiza ensayo en fábrica para identificar y corregir métodos inadecuados, y para tomar mediciones de los nuevos tiempos generados por las operaciones resultantes, de manera que se puede realizar la siguiente comparación:

Para el punteado y acordonado de la estructura inferior de la mencionada referencia, antes de la mejora se tenían las siguientes operaciones y tiempos correspondientes al área de soldadura:

- OP 3: ARMADO Y PUNTEADO ESTRUCTURA INFERIOR TRAMO 2: 20,37[min]
- OP 5: ARMADO Y PUNTEADO SOPORTE PARA RUEDA: 2,21[min]
- OP 7: ARMADO Y PUNTEADO ESTRUCTURA INFERIOR TRAMO 1: 8,84[min]
- OP 8: ARMADO Y PUNTEADO (G- ESTRUCTURA INFERIOR): 21,04[min]
- OP 9: SOLDADO (G- ESTRUCTURA INFERIOR): 63,4[min]

La suma de todos estos tiempos es 115,85[min]. (Extraído del Anexo D)

Después de la mejora y una vez aplicado el muestreo para hallar los tiempos de las nuevas operaciones, para la misma sección del proceso se tienen las siguientes operaciones y tiempos:

- OP 5: MONTAJE EN LA MATRIZ (G- ESTRUCTURA INFERIOR): 4,9[min]
- OP 6: PUNTEADO (G- ESTRUCTURA INFERIOR): 18,31[min]
- OP 7: SOLDADO (G- ESTRUCTURA INFERIOR): 37,44[min]

La suma de los tiempos en esta oportunidad es 60,65[min], tan solo el 52% del tiempo que se utilizaba con el antiguo método.

Revisando la mejora que concierne a la inclusión del área de pintura electrostática dentro de la planta de producción, se pretende con ésta eliminar el tiempo de espera para entregar un consolidado de 10 camas con sus estructuras totalmente soldadas al servicio de pintura, y la espera de un día completo para recibir las 10 camas pintadas, de manera que se pueda ingresar al proceso de pintura estructura a estructura sin que se generen esperas y así este proceso entre dentro del ciclo del producto.

Para realizar una evaluación final de los resultados de mejora que se esperan de ambas propuestas, antes de hacer el modelado final de la solución en FlexSim, se realiza en la pestaña 1 del Anexo T un diagrama de Gant en el que se programa una corrida de producción de un lote de 20 camas de referencia CHE-3M-3A-4P V2 con el proceso de pintura como servicio externo y en la pestaña 2 como un proceso más de la planta, obteniendo los siguientes resultados:

- El tiempo total de producción para un lote de 20 camas de la referencia mencionada sobre el proceso productivo original es de: 5425,23[min]
- El tiempo total de producción para un lote de 20 camas de la referencia mencionada sobre el proceso productivo mejorado con el área de pintura electrostática es de: 4550,47[min]

Esto genera una reducción teórica del 16,1% en el tiempo de producción para un lote de 20 camas.

Para determinar si con ésta mejora la planta cumplía con la condición de fabricar 18 camas usando el 22,5% de su capacidad, en la pestaña 3 del Anexo T se realiza la programación para 18 camas, lo que genera un tiempo total de 4101,58[min] el equivalente a 68,36[hrs]. Si se toma como base que las horas laboradas al mes son

aproximadamente 192, el 22,5% de éstas corresponden a 43,2[hrs] con lo cual la mejora correspondiente a la inclusión del área de pintura electrostática no es suficiente para cubrir la demanda esperada.

En la pestaña 4 del Anexo T se realiza la programación de la producción por medio de diagrama de Gantt incluyendo esta vez tanto la mejora planteada para el área de pintura electrostática como para las operaciones que se realizan en el área de soldadura (punteados y acordonados) tomando como base el ANEXO R. DIAGRAMA DE OPERACIÓN PARA LA CHE-3M-3A-4P V2 CON MEJORAS PROPUESTAS. Esta programación genera como resultado un tiempo final de producción de 2411,62[min] o lo que es lo mismo 40,19[hrs], teniendo en cuenta que la planta cuenta teóricamente con 43,2[hrs] de capacidad para atender la fabricación de esta referencia, se puede concluir que las dos mejoras planteadas juntas generan la capacidad de producción necesaria para cumplir con la demanda esperada.

6.4. Requisitos de infraestructura pendientes en la distribución actual:

Además de las áreas actualmente dispuestas en la planta de producción de muebles hospitalarios Bed Lab, existen diferentes requisitos tanto por parte de la gerencia de Líneas Hospitalarias, la Coordinación de producción de Bed Lab, requisitos inherentes a la certificación en Condiciones Sanitarias de Fabricación con el INVIMA, y requisitos derivados de la observación del proceso productivo propuestos en el presente proyecto, que no tienen espacio en la actual distribución, pero que son necesarios para cumplir con las mejoras propuestas con éste trabajo de grado.

6.4.1. Zona de Recepción:

El INVIMA contempla dentro de sus requisitos una serie de áreas con procesos que se deben ejecutar en cada una de ellas de manera que se controle la calidad general del proceso y por tanto se garanticen estándares de fabricación que deriven en la calidad del producto. Dichos requisitos se contemplan para el caso de las unidades productivas dentro de la normatividad aplicable a las *condiciones sanitarias de fabricación de dispositivos médicos*; entre ellas se encuentra la zona de recepción, con la cual se pretende que la planta tenga una zona específica demarcada y delimitada y con los accesorios necesarios para realizar la recepción de la mercancía entrante, de manera que se garantice el control de ingreso de materia prima con el fin de identificar y resolver a tiempo inconvenientes con los proveedores que puedan derivar en demoras para las corridas de producción del tipo cantidades incompletas o referencias erradas.

6.4.2. Zona de Inspección:

Después de la Recepción, El INVIMA dicta que se debe realizar una inspección de la materia prima que ingrese, para poder detectar cualquier anomalía que presente la mercancía al nivel de sus características de calidad. En este punto se requiere establecer un proceso de inspección bien definido y que independientemente del método en el cual se base, éste pueda garantizar que la mercancía que se aprueba tenga las condiciones y especificaciones necesarias para hacer parte de un dispositivo médico (materia prima de calidad y dentro de las especificaciones y parámetros requeridos en producción) Además de la inspección física de la mercancía, al llegar a esta área se debe verificar que la materia prima entrante cuenta con los soportes necesarios emitidos por el fabricante que garanticen la calidad de su fabricación. Uno de los soportes más comunes es el certificado de calidad o conformidad por lote en el cual el fabricante especifica las normas o estudios en los cuales basa su proceso productivo, y si el lote al cual pertenece el producto entregado pasó por los parámetros de aceptabilidad definidos en su proceso productivo para ser considerado como un lote de producto terminado aprobado. En éste punto también se revisan certificados de calibración, registros sanitarios y otros soportes según apliquen para el tipo de mercancía que se esté inspeccionando.

La zona de inspección puede ser fusionada con la zona de recepción y formar una sola, de manera que se ahorre espacio pues la labor realizada en ellas es muy similar e incluso complementaria, con lo cual se contemplará fusionarlas para el diseño de la nueva planta.

6.4.3. Área de Cuarentena:

La figura de Cuarentena corresponde a un área de tránsito entre la inspección inicial y la aprobación de la materia prima, esto quiere decir que la zona de Cuarentena se utiliza para ubicar allí materia prima que no está aprobada pero tampoco está rechazada, dicha situación se puede presentar por distintas razones: Si la mercancía que no llega completa, si no fue enviada con todos los documentos soportes necesarios para el ingreso o si no ha podido ser inspeccionada por parte de la figura del Director Técnico.

La zona de cuarentena debe estar delimitada y separada de las demás, la mercancía que allí se ubique deberá tener estricto control por parte del Director Técnico de la unidad, debido a que éste será el encargado de verificar que la causa por la cual la mercancía se encuentra allí haya sido saneada y se pueda proceder a liberar la mercancía hacia un almacenamiento de materia prima aprobada.

6.4.4. Zona de Rechazos de Materia Prima:

Derivada de la recepción y la inspección, INVIMA requiere, a los fabricantes que pretendan acceder a una certificación en condiciones sanitarias de fabricación, que cuenten con una zona demarcada, delimitada y separada de las demás en la cual se deberán ubicar los productos entrantes que no pasen los filtros de la recepción o la inspección de materia prima, es decir aquella materia prima que no cumple con los parámetros de calidad establecidos por Bed Lab como necesarios para hacer parte de su proceso productivo, además de los requisitos que por normatividad sanitaria deba poseer dicha materia prima.

Esta materia prima permanecerá en la zona de rechazos hasta que puedan ser enviados o recogidos por el proveedor.

6.4.5. Almacén de Materia Prima Limpia:

A pesar de que el proceso productivo de Mobiliario Hospitalario es claramente un proceso metalmeccánico, algunos de los productos allí fabricados tienen componentes diferentes al metal como telas, amoblados, tapizados que se anexan al producto en la etapa de ensamble final, antes de realizar el acondicionamiento y embalaje, éstos por razones evidentes no se pueden ni se deben almacenar junto con la tubería pesada o la materia prima liviana, pues ésta incluye motores, ruedas, tornillería, ángulos, semi-elaborados, servicios de corte a láser, etc, entonces se recomienda acondicionar un área especial donde se almacene únicamente los componentes que tengan un manejo diferente al metal y que no puedan estar en contacto con éste por su naturaleza de limpieza y pulcritud a la hora de ser ensamblados en el producto final. Para esta área es necesario tener en cuenta que debe estar cerca de la zona de ensamble final, pues la mayoría de la materia prima que se almacena se utiliza solamente al final del proceso productivo en el ensamble final de los productos, sin embargo también requiere que esté bajo la custodia de la persona encargada de administrar las materias primas e insumos en la planta, con lo cual se genera una restricción importante en el diseño de la planta.

6.4.6. Zona de doblado de lámina:

No se contemplaba en el diseño original de la planta, sin embargo en el periodo transcurrido durante el desarrollo del proyecto, la gerencia general de LH SAS determinó que para Bed Lab era necesario hacer una importante inversión en una máquina dobladora de lámina metálica, de manera que se pudiera absorber un proceso que hasta el momento se tomaba como un servicio externo, la fabricación de los tendidos para las camas hospitalarias, así son llamadas las piezas móviles sobre las cuales reposa el colchón de la cama. Dada la solicitud de gerencia, en la

nueva propuesta de diseño de planta se tuvo en cuenta el espacio ocupado y el requerido para la operación de dicha máquina.

6.4.7. Almacén de semielaborados:

El esquema de producción de Bed Lab corresponde al de centros o talleres de producción, con ello la coordinación de producción aprovecha la estacionalidad de la demanda para adelantar labores de abastecimiento de semielaborados, de manera que en épocas de baja demanda se adelantan labores de corte y ensamble de pequeñas piezas que componen los productos finales, a esto se le ha llamado semielaborados, el objetivo es que en épocas de alta demanda se disponga de dichas piezas para realizar ensambles finales, pinturas y acabados y así responder de la manera más ágil a las fluctuaciones del mercado.

Para el diseño de esta área se utilizó el criterio del coordinador de producción quien determinó el volumen máximo de semielaborados que se han fabricado para almacenar y con ello la cantidad de estantes requeridos para almacenar dicha mercancía; esta área se debe encontrar cerca de las de soldadura, y requiere del mismo control administrativo de entregas que se estableció para las demás áreas de almacenamiento.

6.4.8. Almacenamiento transitorio de producto ensamblado:

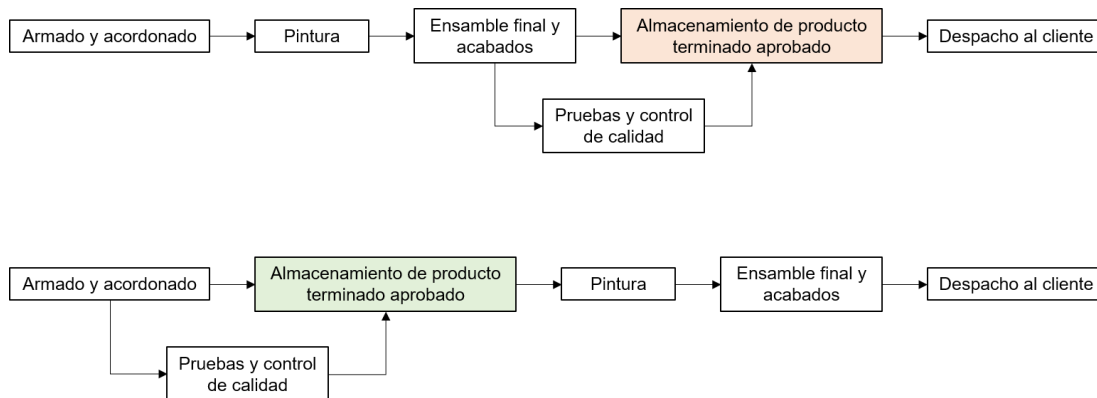
La planta de producción de Bed Lab atendiendo a la estacionalidad de la demanda que le propone el mismo mercado, se ocupa de realizar producción para almacenar, en la antigua planta de producción se adaptaba parte del parqueadero incluso para almacenar producto terminado (camas hospitalarias en su mayoría) pintadas y listas para su entrega, sin contar con los productos iguales que se producen y se almacenan en el centro logístico CEDI de LH SAS ubicado en el parque industrial San Jorge en Girón (anillo vial vía Floridablanca) allí permanecen almacenados éstos y otros productos hasta el momento en que la fuerza comercial concreta su venta.

El problema del modelo de producción es que durante el tiempo que duran éstos productos almacenados terminan por deteriorarse aproximadamente 3 de cada 20 productos; estos deterioros se presentan en peladuras de la estructura, golpes, rayones, etc. y en muchas oportunidades cuando se concreta un negocio en el cual se requiere el despacho de dispositivos producidos que se encuentran en almacenamiento éstos no pasan la inspección de despacho y surgen reprocesos en producción arreglando por lo general los acabados del producto, sin contar que cuando se realiza el despacho de los mismos, el alistamiento para el despacho debe

ser mucho más exhaustivo y ello repercute en los tiempos de entrega de LH y por tanto en la percepción de satisfacción del cliente.

Teniendo en cuenta esta situación, se sugiere que el inventario amortiguador que genera la estacionalidad de la demanda no se encuentre entre la etapa de ensamble final y acabados y la entrega final al cliente, pero sí entre la etapa de punteado y acordonado y la etapa de pintura, de manera que el inventario cesante de productos sea de productos sin pintar y sin acabados, para cuando se lance la alerta de un potencial negocio, éstos productos que ya se encuentran probados pasen a las etapas finales de producción y se despachen al cliente en las mejores condiciones posibles, en el *Gráfico 3* se ilustra el cambio sugerido en el orden de las etapas, en la parte superior se ilustra un fragmento del esquema de producción en la antigua planta, en la parte inferior el mismo fragmento modificado por la mejora propuesta para reubicar el almacenamiento amortiguador de producto terminado.

Gráfico 4 Cambio sugerido en el almacenamiento amortiguador de producto terminado



La propuesta fue bien recibida por la gerencia, quien de inmediato asignó un planchón para almacenar el producto en gris listo para pintura y ensamble final; el almacenamiento de éstos se realizará sobre estibas y clasificado de acuerdo con la pieza o subproducto que se almacene, el espacio dependerá de la programación de la producción y ésta a su vez debe depender de la estimación de demanda para un año, y de la respuesta del mercado a la gestión comercial, sin embargo se tendrá reservada un área plana de 272 metros cuadrados con una altura de 3,6 m para ubicar allí el material necesario para responder a cualquier requerimiento de cualquier cliente, todo ello fue decisión de la gerencia.

6.4.9. Zona de pintura:

La Gerencia General de LH SAS teniendo en cuenta la cantidad de tiempos y costos que representaban los constantes recorridos de producto listo para pintura enviado desde Bed Lab hacia el lugar donde se realizaba el proceso de pintado con pintura electrostática, y de producto pintado de vuelta a la planta, decidió como se tenía previsto desde un principio retroalimentar el proceso productivo de Bed Lab e incluir dentro de la misma planta de producción la etapa de electropintura.

Para desarrollar éste requerimiento, se tuvo que realizar varias visitas a la planta de pintura electrostática, en las cuales junto con el Coordinador de Producción de Bed Lab y con la ayuda del jefe de proceso de pintura se analizó el proceso de pintura electrostática que allí se desarrollaba cada una de sus etapas y requisitos, teniendo en cuenta cuales de éstos eran aplicables para la labor de pintura de los productos fabricados por Bed Lab, pues allí se realizan servicios de pintura para todo tipo de clientes y eso genera que el proceso sea más flexible y diverso. A partir de los resultados de la observación se determinaron algunos requisitos que se debían tener en cuenta para diseñar el área de pintura:

- Se requiere tres piscinas externas (tanques) en forma rectangular; éstos albergarán químicos necesarios para el proceso de limpieza del metal antes de entrar al rociado de la pintura en polvo.
- Para el funcionamiento de los químicos ya mencionados, se requiere que las piezas metálicas se sumerjan en ellos durante un tiempo determinado, entonces se requiere de un puente-grúa que será el encargado de sumergir y transportar (movimiento vertical y horizontal) una canasta que contenga las piezas metálicas ya mencionadas, además dado que el material para pintura se encuentra en un planchón en el segundo nivel, esta canasta debe dar soporte para el cambio de nivel de éstos productos del segundo al primero.
- Se requiere un cuarto sellado de rociado en el cuál se realizará dicho proceso y éste debe estar dotado de una campana extractora en la cual se recojan los sobrantes de pintura que se generan durante éste proceso.
- Se requiere un horno con capacidad suficiente para la demanda de servicios de pintura, éste debe tener unas condiciones especiales de temperatura y debe ser diseñado para conservar la uniformidad de la misma durante toda la etapa de fundido de la pintura, la configuración de éste horno será diseñada por el Coordinador de producción de Bed Lab quien es Ingeniero Mecánico de profesión.
- Se requiere una instalación de rieles cargados eléctricamente que transporten el producto desde el cuarto de rociado hacia el horno y allí mismo

sostengan el producto que se pretende pintar sin que éste se toque con los demás de ninguna manera.

6.4.10. Laboratorio de pruebas y control de calidad:

La visión de la gerencia para la unidad productiva de mobiliario hospitalario Bed Lab contempla un alto crecimiento de la unidad al mediano plazo, por ende sugiere que en el diseño de la planta se tenga en cuenta un laboratorio de pruebas y control de calidad, en éste laboratorio se contempla tener una serie de patrones con los cuales poder hacer pruebas de resistencia de peso a las camas, además una superficie plana en la cual calibrar las ruedas y realizar las pruebas de resistencia, el espacio debe ser lo suficientemente amplio para armar y desarmar la cama más grande, albergar un escritorio en el que laborará el auxiliar de control de calidad, además de un estante para herramientas y tornillería y un espacio para ubicar los patrones utilizados para las pruebas.

El objetivo inicial de éste laboratorio es realizar las inspecciones de prueba a los lotes de camas, que hoy por hoy se realizan a una unidad del lote, a un futuro cercano será el espacio propicio para someter a prueba los nuevos diseños y prototipos.

6.4.11. Zona de ensamble final:

En la descripción de las áreas de la distribución de planta inicial, no se menciona como área de ensamble final, debido a que esta etapa del proceso no se realiza en un área específica dentro de la planta, pues aunque la convención general es que el ensamble se realiza entre la zona de corte y pulido y la zona de doblado (como se muestra en el Anexo A) lo cierto es que la labor de ensamble final se realiza a lo largo de todo el lugar, dependiendo del tamaño del lote, el ensamble final se puede salir de toda proporción e incluso ocupar toda el área hasta la zona de producto final.

Por ello dentro del nuevo diseño de la planta se requiere contemplar un área de ensamble final de productos, que se encuentre dotada de un espacio y herramientas suficientes para realizar el ensamble de hasta una cama a la vez, con la condición de que se delegue la labor de ensamble a una sola persona y esta área opere con mucha más regularidad dejando producto terminado listo para enviar al CEDI de LH SAS que ayude a aliviar un pedido repentino de productos.

6.4.12. Zona de acondicionamiento y embalaje:

La mayoría de los productos fabricados en Bed Lab son considerados dispositivos médicos, por su naturaleza de productos usados en el cuidado rehabilitación y tratamiento de enfermedades en pacientes a nivel del sector salud, se debe tener

en cuenta entonces que la fabricación, importación y/o comercialización de estos productos está controlada por el ente regulador INVIMA en Colombia, en este orden de ideas, también los productos de Bed Lab requieren de un permiso de comercialización otorgado por el mismo ente regulador llamado registro sanitario, con éste registro se confirma que el INVIMA evaluó las condiciones y características de diseño, calidad y funcionamiento del producto en cuestión y que éste es apto para su uso en pacientes del sector salud, pero uno de los requisitos del ente regulador para que los productos avalados puedan circular en el mercado es que éstos estén debidamente acondicionados.

El termino acondicionamiento se define en el Decreto 4725 de 2005 como “todas las operaciones por las cuales un dispositivo médico se empaqueta y rotula para su distribución” pero no es cualquier empaque o rotulo, el empaque debe garantizar que el producto conservará las condiciones de calidad de fabricación hasta llegar a manos del cliente o consumidor final, mientras que el rotulado debe tener cierta información necesaria para que en cualquier momento dentro de la cadena de distribución del producto, cualquier persona pueda realizar si lo requiere un proceso de trazabilidad completo que lo lleve hasta el fabricante y la fecha en que se fabricó dicho dispositivo médico, los materiales utilizados y la calidad de los mismos.

Dada la importancia del proceso de acondicionamiento, el INVIMA para otorgar el certificado de condiciones sanitarias de fabricación exige al fabricante contar con un área adecuada, dotada, demarcada y delimitada en la cual se realice el proceso de acondicionamiento y embalaje, proceso que por supuesto no puede estar a cargo de nadie diferente al Director Técnico de la planta de producción.

Para el diseño de la zona de acondicionamiento se tendrá en cuenta entonces una base giratoria en la cual se pueda ubicar la cama y girar, de manera que se facilite la labor de embalaje de los productos, además un estante donde se ubiquen los materiales para embalaje y las láminas metálicas con las cuales se realiza el acondicionamiento, y finalmente un estante con tablero de herramientas para culminar el proceso de acondicionamiento.

6.4.13. Zona de despacho:

Atendiendo nuevamente a las condiciones requeridas por INVIMA, se hace necesario definir un área dotada, demarcada y delimitada para realizar el proceso de despacho de mercancía, en esta área se tendrá que realizar un proceso final de chequeo en la cual la persona responsable de despachar verificará si los productos salen con la documentación relativa al producto completa, con los accesorios completos, y también será el encargado de emitir el documento de salida de los

productos despachados, para éste caso será el documento de embodegamiento y el documento de traslado desde la bodega de la planta hacia la bodega del Centro de Distribución; en algunos casos puntuales los productos pueden llegar a salir directamente con embodegamiento y emisión de factura al cliente final.

6.5. Análisis de los procesos, mejoramiento y estandarización:

A lo largo de los capítulos anteriores, se ha realizado la descripción de los procesos productivos, de las áreas donde se desarrollan y de los inconvenientes que presentan cada uno de ellos, se han hecho diferentes análisis para determinar las oportunidades de mejora de cada uno de los procesos, y se han hecho diferentes propuestas para la mejora de los mismos cuya implementación se dará gradualmente posterior a la implementación del diseño de la planta del cual es objeto el presente proyecto. En esta sección se presentará un resumen de las propuestas de mejora planteadas en las secciones anteriores, además se realizará una matriz de requisitos legales aplicables al diseño de áreas y procesos y finalmente se hará referencia a los documentos estandarizados realizados dentro del alcance del proyecto para entregar a la producción de Bed Lab y seguir a partir de ellos un estándar de procesos susceptibles también a la mejora continua pues éstos procesos serán integrados al sistema de gestión de calidad general de LH SAS.

Los requisitos normativos se toman de la Resolución 4002 y el decreto 4725 pues aunque el primero de éstos no tiene incidencia directa sobre la fabricación de dispositivos médicos, ni el ministerio de salud ni el de protección social ni el INVIMA o cualquier otro ente gubernamental han expedido otro documento que establezca los parámetros requeridos para otorgar la certificación en condiciones sanitarias de fabricación, por el contrario, el mismo INVIMA recomienda que las adecuaciones locativas de las plantas de producción de dispositivos médicos se realicen atendiendo a requisitos presentes en la ya mencionada resolución.

6.5.1. Mejoras planteadas para cada zona o área:

6.5.1.1. Zona de recepción e inspección:

La zona de recepción e inspección no se tenía en cuenta en la distribución original de la planta, sin embargo tanto por requisitos normativos para aplicar a la certificación de condiciones sanitarias de fabricación como por atender a buenas prácticas de fabricación, se hace necesario incluir en la nueva propuesta de distribución una zona especial para la recepción e inspección de materia prima como se describe en la sección 7.4.1. y 7.4.2. del presente documento, esta zona debe estar cerca del acceso de material a la planta y debe ser dotada de las estibas y elementos necesarios para recibir la mercancía e inspeccionarla adecuadamente en todas sus condiciones físicas y documentales sin que esta tenga contacto directo con el piso de la planta (Ver res 4002 num. 2.3.1.) la importancia de esta área para una planta productiva radica en que desde allí se inicia el seguimiento a la materia

prima, que esta debe ser de las características y calidad requeridas por el proceso productivo pues finalmente éste producto final será usado por un paciente para su recuperación, y que esta zona es el punto inicial para realizar cualquier proceso de trazabilidad de producto, un aspecto legalmente bastante importante y que el ente regulador INVIMA evalúa con rigurosidad.

6.5.1.2. Área de cuarentena de materia prima:

La cuarentena se define en la Resolución 4002 como “Estado de un dispositivo médico el cual se mantiene aislado por medios físicos o por otros medios eficaces y se restringe su uso en espera de una decisión acerca de su autorización o rechazo para ser comercializado” sin embargo adaptando dicha definición a los requerimientos de una planta de producción, el área de cuarentena es un espacio de separación de materias primas entrantes por medios físicos, el cual se utiliza para diferenciar materia prima que tenga algún pequeño inconveniente para ser considerada como apta o aprobada para ingresar al proceso productivo, o que simplemente se encuentre a la espera de dicha aprobación, esta área debe encontrarse bajo estricto manejo y control del Director Técnico, figura definida legalmente como la persona responsable de controlar la producción y garantizar que los productos que se fabrican cuenten con todas las condiciones físicas y documentales que les confieren la calificación de Dispositivos Médicos aprobados para el uso humano.

El área de cuarentena debe estar dotada por las estibas y medios necesarios para que los productos que allí se almacenen no entren en contacto directo con el suelo, además de que nadie pueda acceder a ellos por error y solo el Director Técnico tenga acceso a ellos. El área de cuarentena está ligada directamente a la zona de recepción e inspección, pues estas dos tienen una relación de tránsito de producto entre ellas.

6.5.1.3. Zona de rechazos de materia prima:

Esta zona también deriva de la de recepción e inspección o incluso del área de cuarentena, pues a ella se dirige toda materia prima que se considere rechazada por el Director Técnico de la planta, ésta debe contar igual que las demás con los medios necesarios para que dicha materia prima no se encuentre en contacto con el piso o las paredes, además debe identificar correctamente los productos que allí se encuentren de manera que no exista riesgo de que éstos puedan ser usados por error. La materia prima que allí se ubica estará de manera transitoria, pues ésta al ser rechazada debe ser entregada o enviada de vuelta al proveedor que la suministró en el menor tiempo posible y de acuerdo con las políticas tanto de LH como del proveedor mismo.

Dentro de la distribución de planta inicial no se contaba con una zona para tal fin, y dado que esta zona es de obligatorio cumplimiento para acceder a la certificación en condiciones sanitarias de fabricación, será tenida en cuenta para la nueva propuesta de diseño de la planta.

6.5.1.4. Almacenamiento de materia prima aprobada:

En el numeral 2.3.3 de la resolución 4002 de 2007 se describen las condiciones necesarias para el almacenamiento de productos aprobados, estas mismas condiciones son las requeridas para almacenar materias primas aprobadas:

- Áreas con capacidad suficiente.
- Separadas físicamente identificando su estado de calidad.
- Se deben disponer sobre estibas, estantería u otros sistemas que evite el contacto directo con el piso y paredes.
- Se deben ubicar de manera tal que no se afecte su integridad.
- Si se almacenan productos que requieran cadena de temperatura se debe contar con equipos y contingencias suficientes para mantener en todo momento las condiciones de almacenamiento especificadas por el fabricante.
- Cuando se requiera, deben existir hojas de seguridad de los productos allí almacenados que incluyan reactividad, riesgo de salubridad, y forma de manipulación, así como el modo de actuar en caso de accidentes.

En la distribución anterior existían dos áreas de almacenamiento de materias primas, una denominada almacén de Materia Prima Pesada y otra de Materia Prima Especial, un inconveniente claro que tenían era la distancia que existía entre una y la otra, que no permitía un adecuado control de los inventarios, y otra oportunidad de mejora encontrada se daba en el almacenamiento de materias primas limpias, que se almacenaban en un lugar sin ningún tipo de protección o separación de la planta de producción, lo que no garantizaba la conservación de sus condiciones de calidad y generaba reprocesamiento de dicha materia prima, con el fin de mitigar las ya mencionadas falencias de esta área, se propone contar con las tres áreas de almacenamiento de materias primas (pesada, especial y limpia) las tres separadas físicamente entre sí y del total de la planta para evitar situaciones de contaminación cruzada, además se propone que las tres estén a cargo de un operario ajeno al proceso productivo quien se encargue de llevar el inventario y controles de entrega del material al área productiva y además de asegurarse de que la materia prima conserve sus condiciones de calidad durante todo el tiempo de almacenamiento, esto implica que las tres áreas de almacenamiento de materia prima aprobada deberían en lo posible ubicarse cerca entre sí de manera que se facilite su control;

además se recomienda que las áreas de almacenamiento de materia prima aprobada se encuentren cerca de la zona de recepción e inspección, esto para reducir recorridos de producto y evitar que se atraviesen áreas de producción.

6.5.1.5. Zona de torneado:

En el diseño de la planta anterior, se tenía previsto una zona para torneado, sin embargo, como se describió en la sección 7.1.5. la zona de torneado no estaba brindando los resultados requeridos, por lo tanto, para el diseño de la nueva planta, se plantea la necesidad de mejorar este puesto de trabajo. Una de las mejoras planteadas al puesto de trabajo es la ubicación de un almacenamiento de materia prima entrante y uno de producto maquinado, de esta manera los recorridos que realice el operario para buscar materia prima y para entregar producto maquinado serán menos, para ello también es necesario que en la planta se tengan varios medios de transporte tipo zorras para transporte de estibas, que faciliten el transporte de los productos terminados o en este caso maquinados de una zona a la otra. Además de ello se sugiere ubicar un gabinete con tablero de herramientas en el cual el operario del torno ubique las herramientas que requiere la operación del torno, de esta manera se puedan reducir tiempos buscando herramienta requerida en otros puestos de trabajo.

Para mejorar la productividad de la zona de torneado, también se sugiere a la Coordinación de Producción evaluar la posibilidad de trabajar el torno a dos turnos.

6.5.1.6. Zona de corte:

En la zona de corte se identifican claras oportunidades de mejora y todas las sugerencias se realizan en la sección 7.1.7. del presente documento.

6.5.1.7. Zona de doblado de tubería:

Para la zona de doblado de tubería además de las mejoras planteadas en el numeral 7.1.7. del presente documento, también se sugiere implementar unos atriles parecidos a los utilizados en el área de corte que remplacen el contenedor cilíndrico con el que se procura mantener el doblado del tubo dentro del mismo plano.

6.5.1.8. Zona de doblado de lámina:

Dentro de la distribución anterior, no se tenía contemplada un área de doblado de lámina en primera medida porque no había espacio para ubicar una máquina de dimensiones similares, pues el espacio de trabajo en la planta de producción anterior estaba saturado hace ya un buen tiempo, la gerencia solicitó entonces que dentro de la nueva planta de producción se tomara en cuenta el diseño del puesto de trabajo y la inclusión del proceso de doblado de lámina dentro de los procesos productivos de la planta. En ese sentido igual que las demás zonas se requiere un

espacio adecuado para el funcionamiento de la máquina, éste debe estar demarcado y señalizado adecuadamente.

6.5.1.9. Almacén de semielaborados:

En esta área se contempla el almacenamiento de los cortes y servicios listos para ingresar a las áreas de soldadura y hacer parte del proceso de punteado y acordonado de las piezas por medio de las cuales se ensambla el producto final. Atendiendo a los históricos de producción y a la demanda estimada para años próximos, el coordinador de producción determina que la capacidad máxima para esta área debe ser de tres estantes con 2,56m de largo por 1m de ancho y 2,37m de alto, los mismos utilizados para almacenar materia prima especial y limpia, estas consideraciones de espacio se tendrán en cuenta en la siguiente sección.

6.5.1.10. Áreas de soldadura:

Todos los puestos de trabajo de soldadura requeridos en la producción tendrán el mismo diseño, éste tendrá el mesón de soldadura (o espacio para las matrices), el área necesaria para la labor, espacio para material en ingreso y espacio para productos soldados, una gaveta con tablero de herramientas y finalmente se recomienda que además de los elementos de protección personal requeridos propios de la labor de soldadura (Botas aislantes, overol, guantes para soldadura y manejo de superficies calientes, mascarilla con filtro para vapores tóxicos y careta para protección de la radiación) se evalúe la posibilidad de utilizar extractores de vapores tóxicos con campanas de extracción sobre los puestos de trabajo de soldadura. El área de soldadura debe ubicarse aislada físicamente de las demás áreas y zonas, además debe llevar el flujo del proceso pero en lo posible debe estar concentrada en un lugar de fácil acceso y evacuación además lejos de cualquier elemento inflamable que se pueda encontrar dentro de la planta de producción.

6.5.1.11. Zona de pulido y terminados:

Esta zona se proyecta como se describió en la sección 7.4.10. sin ninguna modificación extra o requisito legal aplicable.

6.5.1.12. Zona de pintura:

Esta zona se describe completamente en la sección 7.4.11. y no tiene modificaciones extra a las ya mencionadas.

6.5.1.13. Laboratorio de pruebas:

En éste laboratorio de pruebas que se describe en detalle en la sección 7.4.12. se debe tener en cuenta que los patrones utilizados deben ser certificados y todos los equipos de medición deben estar calibrados y con su calibración vigente, además se debe establecer un cronograma de calibración de los equipos de medición que

se debe cumplir pues es un requisito importante para el otorgamiento de la certificación en condiciones sanitarias de fabricación, además de esto se requiere que las pruebas realizadas a los productos sean diseñadas con base en una norma técnica de talla nacional o internacional, por ello se sugiere que la gerencia brinde los recursos necesarios para adquirir la norma IEC 60601-2-52 pues esta norma es una reciente edición que agrupa y mejora las normas que han existido a lo largo del tiempo para la fabricación de camas hospitalarias bajo estándares internacionales. De esta manera se podrán establecer los protocolos de pruebas de calidad para el laboratorio de pruebas y control de calidad.

6.5.1.14. Zona de ensamble final:

En esta zona se realiza la labor de ensamble final de todas las partes que componen el producto final, además de los accesorios eléctricos, accionadores, motores, caja de mandos, controles, ruedas, cabeceros, pieceros, varandas, etc. Para ello es necesario que cuente con un estante donde se almacenen los componentes que se van a ensamblar, una gaveta con tablero de herramientas donde se ubiquen todas las herramientas necesarias y un espacio para clasificar la tornillería tuercas y arandelas necesarias para el ensamble. Se evaluará además la posibilidad de implementar un elevador hidráulico para facilitar las labores de ensamble.

6.5.1.15. Zona de acondicionamiento y embalaje:

En la normatividad referente a los Dispositivos Médicos (Decreto 4725 de 2005 por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permisos de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano) la palabra acondicionamiento se define como: “Son todas las operaciones por las cuales un dispositivo médico se empaqueta y rotula para su distribución” esta etapa del proceso productivo tiene especial relevancia para el ente regulador pues además de que el empaque debe garantizar que las condiciones de calidad del Dispositivo Médico se mantengan hasta que éste llegue al usuario final, la mencionada etiqueta es una parte fundamental del dispositivo médico para llevar a cabo cualquier proceso de trazabilidad.

La trazabilidad se define en la resolución 4002 como “Conjunto de actividades preestablecidas, autosuficientes y documentadas que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un lote o serie de dispositivos médicos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado. Se refiere a la capacidad de seguir un dispositivo médico a lo largo de la cadena de suministros desde su origen hasta su estado final como objeto de consumo” y para llevar a cabo estas actividades el decreto 4725 dedica todo el capítulo VIII a describir las condiciones específicas para realizar empaque y etiquetado de cualquier dispositivo médico, todas estas

condiciones deben ser diseñadas y presentadas antes inclusive de comercializar los productos elaborados, pues deben ser presentadas junto con los estudios necesarios del diseño del producto y el certificado de condiciones sanitarias expedido por el mismo INVIMA dentro de un expediente a éste mismo ente para solicitar el registro sanitario de cualquier familia de productos que se desee fabricar y comercializar; éste registro sanitario es el permiso de comercialización nacional necesario para comercializar libre y legalmente cualquier dispositivo médico, y el ya mencionado proceso de acondicionamiento es tan importante para obtener dicho registro sanitario que tanto el empaque como el rótulo a utilizar en éste proceso se deben anexar al expediente que se debe presentar, además esta labor se deja bajo la responsabilidad del Director Técnico.

6.5.1.16. Zona de almacenamiento de producto final aprobado:

En esta etapa del proceso, se hace necesario tener una zona debidamente delimitada y con las condiciones necesarias para almacenar y conservar las condiciones de calidad de los dispositivos médicos terminados considerados como aprobados, esta zona para LH SAS está contemplada como un Centro de Distribución consolidado para todos sus productos, el cual cuenta con un Certificado de Capacidad de Almacenamiento y Acondicionamiento del INVIMA por lo tanto, no es necesario adaptar una zona de almacenamiento de producto aprobado, sin embargo si es necesario justificar una zona de despacho de dispositivos médicos terminados aprobados, ésta debe estar debidamente identificada y delimitada, debe estar cerca de la puerta de descarga y se debe diferenciar claramente de la zona de recepción e inspección.

6.5.2. Áreas y zonas accesorias (requisitos legales)

Dentro de los requisitos contenidos en la resolución 4002 también se determinan ciertas áreas y zonas denominadas como accesorias que nuevamente aunque la mencionada resolución tiene su campo de aplicación en centros de almacenamiento de producto aprobado con certificación (CCAA) las mismas áreas con su configuración física y funcionamiento se deben tener en cuenta a la hora de diseñar una planta de producción que requiera el certificado de condiciones sanitarias de fabricación, las áreas accesorias contempladas en la mencionada resolución son:

6.5.2.1. Baños:

Los baños no pueden tener contacto directo con las áreas de producción, éstos deben ser en cantidad suficiente para la cantidad de operarios que allí laboran, y deben estar dotados con los siguientes elementos:

- Las baterías sanitarias deben estar dotadas de papel higiénico.

- Deben tener canecas con tapa, accionamiento de pedal y bolsa interna.
- En el área de lavado de manos debe estar publicado y a la vista el protocolo para el correcto lavado de manos.
- El área de lavado de manos debe estar dotada de toallas desechables, secador de aire u otro medio para el secado de manos diferente a las toallas convencionales de tela, esto para evitar la propagación de agentes contaminantes.
- El área de lavado de manos debe estar dotada de caneca con tapa, accionamiento de pedal y bolsa interna.

6.5.2.2. Vestuario:

Dentro de la normatividad se establece también que la planta debe contar con un cuarto destinado para el cambio de ropa de calle por dotación laboral, este cuarto debe contar con las siguientes características:

- El área de vestier debe tener el tamaño suficiente para ser usado por todos los operarios de la planta.
- Debe contar con los elementos necesarios para facilitar el cambio de ropa de calle por dotación de trabajo y viceversa en la entrada y la salida del personal respectivamente.
- Debe contar con casilleros suficientes para guardar tanto las ropas de calle como la dotación de la totalidad de los operarios.
- Debe estar ubicado de acuerdo con el flujo de ingreso del personal, es decir justo después de la entrada de personal, pero justo antes del área productiva.
- Debe estar separado físicamente y no puede tener contacto directo con el área de producción.

6.5.2.3. Área de basuras:

En la planta productiva se debe designar un lugar para los residuos que tenga las siguientes condiciones:

- Esta área debe estar separada físicamente del área de producción y no puede estar en contacto con ésta de ninguna manera.
- Dentro de ésta se deben ubicar canecas suficientes, clasificadas de acuerdo con el tipo de residuos que allí se almacenen.
- Las canecas deben tener igualmente bolsa interna.

6.5.2.4. Área de lavado de implementos de aseo:

Esta área al igual que las anteriores tiene ciertas particularidades requeridas por la resolución 4002:

- Esta área debe estar separada físicamente del área de producción y no puede estar en contacto directo con ésta.
- El área no debe generar humedad ni contaminación para ninguna de las demás áreas o zonas de la planta productiva.
- Los implementos de aseo utilizados deben estar marcados para su uso exclusivo en las diferentes áreas de la empresa, es decir los implementos para el área productiva, los implementos para las áreas administrativas, los implementos para las áreas accesorias, etc.
- El almacenamiento de los implementos de aseo se debe hacer en la misma área, pero éstos deben estar libres del contacto con el piso.

6.5.3. Otros requisitos legales para las instalaciones físicas:

Dentro de las condiciones físicas con las que debe contar una planta de producción para acceder a la certificación en condiciones sanitarias de fabricación y que también son extraídas de la resolución 4002 y de otras normatividades referentes a condiciones locativas para plantas de producción, e incluso buenas prácticas de manufactura adoptadas por otras empresas del sector, los auditores enviados por el INVIMA para inspeccionar y verificar que se cumpla con dichas condiciones, verifican requisitos como:

- La iluminación artificial de la planta debe estar protegida de manera que dada la eventualidad de la rotura de un bombillo los fragmentos resultantes de ésta no ocasionen contaminación del proceso o accidentes de tipo laboral.
- Las áreas y zonas se deben encontrar debidamente identificadas con letreros.
- Las zonas (que no se encuentran separadas por medios físicos entre sí y de las zonas de tránsito) deben estar debidamente delimitadas por medio de pintura en los pisos.
- Toda el área productiva debe contar con paredes piso y techo lisos y de fácil limpieza. (se recomienda utilizar pintura epóxica en cada uno de ellos)
- Las uniones entre piso y paredes deben contar con media caña también completamente lisa que facilite su limpieza.
- Los sifones que se ubiquen dentro de la planta de producción deben estar debidamente protegidos con rejillas y además con tapa para las mismas rejillas.
- Los sifones ubicados en áreas accesorias y/o administrativas deben estar protegidas por rejillas.
- Toda el área productiva debe estar separada del exterior, de manera que en los lugares donde se encuentren aberturas, ventanas, y demás deben ser

protegidas por estructuras como angeos que no permitan el ingreso de plagas o la contaminación por agua.

- No se debe permitir el acceso de plantas o alimentos a la planta productiva, por lo tanto, si se tiene una cafetería, ésta no puede estar en contacto directo con las áreas productivas y debe estar separada físicamente de las demás áreas de la empresa.

6.5.4. Requisitos normativos para el diseño y estandarización de los procesos:

Como ya se ha mencionado en repetidas ocasiones, uno de los objetivos principales del diseño de la planta de producción para Bed Lab es acceder a la certificación en condiciones sanitarias de fabricación, pero ¿Qué significa el Concepto Técnico de las Condiciones Sanitarias? De acuerdo con el decreto 4725 de 2005 “Es el documento expedido por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, INVIMA, en el que consta el cumplimiento de las condiciones higiénicas, técnicas, locativas, de dotación, recursos humanos y de control de calidad que garantizan el buen funcionamiento del establecimiento fabricante, así como la capacidad técnica y la calidad de los productos que allí se elaboran, el cual registrará hasta tanto se certifique el Cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura de Dispositivos Médicos, BPM”.

Además, en el mismo decreto se define a fabricante como “Es la persona natural o jurídica responsable del diseño, fabricación, empaque acondicionamiento y etiquetado de un dispositivo médico. El fabricante será el responsable del producto final, independientemente que las etapas mencionadas sean hechas por la misma persona o en su nombre, por un tercero”.

En el momento en que se solicita una verificación de que se cumplan las ya mencionadas condiciones sanitarias, el INVIMA programa la visita de un grupo de auditores que con auto comisorio se presentan en las instalaciones físicas de la planta que solicita ser verificada, y cuando proceden a hacer la evaluación de dichas condiciones inician con un recorrido físico en el cual se evalúa el cumplimiento de los requisitos presentados en los anteriores numerales (7.5.1. al 7.5.3.) una vez terminado el recorrido la forma de evaluar los demás requisitos es mediante inspección documental, de manera que se solicitan todos los procedimientos formatos y en general registros que sirvan como soporte y demuestren que se cumple con todas las condiciones requeridas por el INVIMA para fabricar dentro de parámetros sanitarios.

A partir del formato de inspección de INVIMA de código F65-PM07-AC el cual es utilizado para valorar las instalaciones físicas y las condiciones documentales para visitas de certificación en capacidad de almacenamiento y acondicionamiento CCAA y que está basado en los requisitos tanto de la resolución 4002 como del decreto 4725 y tomando de éstos los requisitos aplicables a la certificación en condiciones sanitarias de fabricación, a continuación se listan los requisitos documentales requeridos por el INVIMA para acceder a dicha certificación:

- General de las instalaciones: registro de limpieza de las instalaciones, registro de control de temperatura y humedad.
- Zona de Recepción e Inspección: Procedimiento de recepción e inspección de materias primas, registro de ingreso y aprobación de materias primas, registro de cuarentena de materias primas, registro de rechazos de materias primas.
- Almacenamiento de materias primas aprobadas: Procedimiento de almacenamiento de materias primas aprobadas, formato de control de ingreso y salida de materia prima al almacén de materias primas aprobadas.
- Proceso productivo: Procedimientos de producción documentados, formato y registro de trazabilidad de la producción (batch récord),
- Tecnovigilancia: registro de inscripción del establecimiento al programa nacional de tecnovigilancia, Programa institucional de tecnovigilancia, formato de reporte de eventos adversos al INVIMA
- Quejas y reclamos: Procedimiento para la gestión de PQRS, formato de recepción de PQRS.
- Trazabilidad: procedimiento de trazabilidad, registros de trazabilidad por lote.
- Acondicionamiento: Procedimiento de inspección y liberación de productos aprobados, Formato de registro de producto no conforme, formato de registro de acondicionamiento y embalaje de dispositivos médicos aprobados.
- Personal: Organigrama publicado en un lugar visible, Manuales de funciones para los cargos del personal que labora en la planta de producción, Hoja de vida y manual de funciones del Director Técnico,
- Capacitación: Programa de capacitación al personal, registro de capacitaciones realizadas al personal, registro de inducción al personal.
- Saneamiento e higiene: Procedimiento de higiene y limpieza, Registro de entrega de dotación al personal, Programa de control de plagas, Registros de control de plagas.

Para llevar a cabo esta labor, se realizó en conjunto con el coordinador de producción quien sería la persona que represente la figura del director técnico,

teniendo en cuenta los procesos productivos y haciendo además un repaso de certificaciones tanto en condiciones sanitarias de fabricación como en capacidad de almacenamiento y acondicionamiento que ha tenido LH SAS en dos áreas productivas más y en un centro logístico de distribución nacional, se elaboró la documentación ya mencionada para poder acceder a la certificación en condiciones sanitarias de fabricación.

Es de gran importancia aclarar que solamente hasta que se implemente el diseño de la planta al cual hace referencia éste proyecto, se podrá solicitar una visita de certificación teniendo además lista toda la ya mencionada documentación, pues en el momento de la visita, la planta de producción debe estar dotada y en capacidad de producir y garantizar las condiciones sanitarias y de calidad que requieren los dispositivos médicos allí elaborados. Finalmente también es importante aclarar que hasta tanto no se tenga la certificación en condiciones sanitarias de fabricación, Bed Lab no puede producir dispositivos médicos en masa ni mucho menos venderlos o distribuirlos, la mercancía en proceso de producción o terminada debe ser mercancía de pruebas de diseño, mercancía para muestras comerciales y demás, pero hasta tanto se consiga la certificación en condiciones sanitarias de fabricación no se podrá solicitar registro sanitario para los dispositivos médicos allí elaborados, y por lo tanto éstos no tendrán permiso legal de comercialización.

6.6. Formato de distribución de la producción:

Durante la vida productiva de la planta de producción de Bed Lab, antes Dr Linho, el enfoque de la planta siempre ha sido impulsado hacia la investigación y el desarrollo, iniciando apenas como una simple fábrica de escalerillas, camillas y divanes sencillos entre otros productos, hoy por hoy su portafolio ha crecido enormemente y todos ellos enfocados en terminar de cubrir cualquier brecha que se pueda encontrar en la oferta de productos para el sector salud desde el área metalmecánica, ésta necesidad es un detonante más para decidir trasladar la planta, adaptando y certificando una nueva planta a pesar de la pérdida de la certificación vigente en la planta antigua, pues ésta no estaba generando los resultados esperados y tampoco podría hacerlo con las proyecciones de crecimiento que se tienen para la planta desde la gerencia.

Es precisamente por esta intensión de expandir constantemente su mercado a la par con su oferta de productos, que desde la gerencia se ha intentado mes a mes conseguir negocios grandes que representen más ingresos para la planta de producción que las ventas individuales a clientes particulares, la estrategia gerencial para lograr éste objetivo es el impulso de la línea a través de un relativamente nuevo canal comercial denominado institucional de salud en casa, éste canal como su

nombre lo indica está encargado de buscar y cerrar negocios con instituciones (asilos, clínicas, IPS, fundaciones, entes gubernamentales, etc.) que estén interesadas en adquirir productos que se encuentren dentro del catálogo de Bed Lab y en general de cualquiera de las plantas productivas de LH SAS.

Además del nuevo canal comercial institucional de salud en casa, la gerencia ha dado la orden que, a través del proceso comercial de entidades, encargado de la consecución de contratos con entes públicos (licitaciones) y privados, además de ofrecer el catálogo de la unidad de Osteosíntesis se eleve la importancia de los productos de fabricación propia nacional, de manera que se consiga una cuota de negocios adjudicados a estas unidades productivas. La particularidad tanto de los negocios conseguidos por el canal institucional como por el proceso comercial de entidades es que generalmente éstos negocios son de cumplimiento inmediato y por una sola vez, puesto que la naturaleza de los productos que se fabrican en la planta productiva de Bed Lab no es la de productos consumibles en el corto plazo, sino la de activos de larga duración (mobiliario considerado como un activo perteneciente a propiedad planta y equipo) de manera que éstos negocios generan constantemente picos en la demanda que obligan muchas veces a reestructurar la programación de la producción para dar cumplimiento a las condiciones contratadas, pues para éste tipo de productos no es rentable tener mucho inventario disponible para su distribución teniendo en cuenta factores como el tamaño de los productos y los deterioros de los mismos que se presentan constantemente con los productos almacenados.

La demanda de productos generada por los dos canales comerciales diferentes a los convencionales puntos de venta, ha venido generando oferta de nuevos productos que no se tenían contemplados en el portafolio inicial, sin dejar de lado las camas y camillas hospitalarias que son sus productos estrella, a través del tiempo se han venido desarrollando nuevas familias para satisfacer la necesidad de los grandes clientes, por ejemplo sillas de ruedas, mesas quirúrgicas, atriles, atriles con mesa auxiliar, mesas para alimentación hospitalaria, y en general todo tipo de productos destinados a la dotación hospitalaria.

Tanto la constante inclusión de nuevos productos a la oferta de la planta productiva Bed Lab, el diseño y desarrollo que éstos requieren antes de ser sacados al mercado, la constante fluctuación de la demanda generada por la consecución de negocios y contratos de entrega inmediata y por una sola vez de altas cantidades de productos obligan al coordinador de producción a manejar programaciones de producción muy dinámicas, de lotes pequeños y fácilmente intercambiables que

puedan suplir las necesidades que el mismo mercado se ha encargado de generarle al proceso productivo de mobiliario hospitalario (Bed Lab)

Teniendo en cuenta las fluctuaciones en la programación de la producción que ha tenido la planta mes a mes, y que estas fluctuaciones obedecen a la consecución de nuevos negocios y la culminación de algunos otros, se considera conveniente recomendar la configuración de distribución por centros de trabajo, dado que ésta permite una mayor flexibilidad a la hora de cambiar entre la producción de una línea u otra, y es esto precisamente lo que la planta requiere para atender a las fluctuaciones del mercado, además de que los lotes de producción por lo general no corresponden a cantidades especialmente grandes, a menos claro que algún negocio especial lo requiera, pero de igual forma la situación no se presenta de manera constante.

6.7. Diseño de los puestos de trabajo:

Para el diseño de los puestos de trabajo se utilizaron inicialmente todas las oportunidades de mejora descritas en el numeral 7.1.7. del presente documento, a partir de ellas se realizó un análisis junto con el coordinador de producción de la planta en el que se pudiera determinar los requerimientos reales de cada puesto de trabajo en materia de recursos como herramientas, estantes, equipos, mesones de trabajo, área libre para cargue y/o descargue de máquinas, áreas para mantenimiento de máquinas, etc. Con éste análisis se realizó un listado de recursos requeridos por puesto de trabajo que luego se cruzó con los recursos disponibles en la planta de producción, los recursos disponibles se asignaron a los puestos de trabajo que los requerían y los recursos faltantes se diseñaron de acuerdo con las medidas de los recursos disponibles teniendo en cuenta siempre que éstos cumplieran con la necesidad específica del puesto de trabajo.

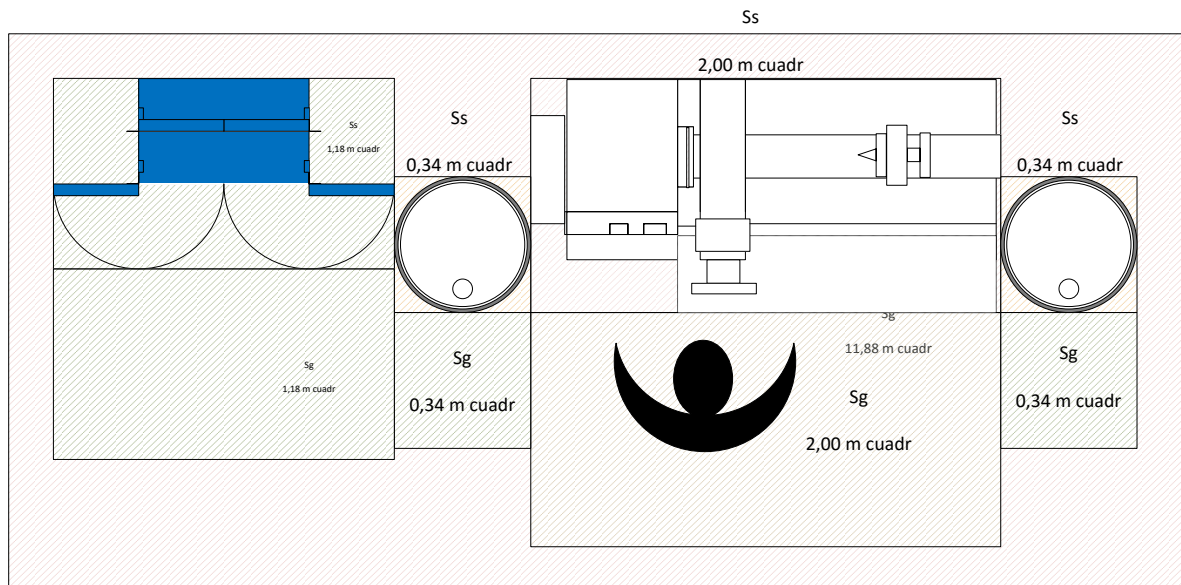
Para hallar el área estimada recomendada y la distribución más acertada dentro de cada puesto de trabajo, inicialmente se realizó el ejercicio con el coordinador de producción de establecer los recursos y las cantidades que se requieren dentro del cada área de trabajo, teniendo en cuenta que la referencia sobre la cual se han realizado los cálculos (CHE-3M-3A-4P V2) además de ser la más representativa y de la que más se produce, también es la más compleja, con lo cual se realizaron los cálculos de dimensiones de acuerdo con el espacio requerido para atender la producción de lotes de 20 camas de dicha referencia, posteriormente se utilizó el método de Güerchet, de manera que en el Anexo G se ingresan los datos de medidas y cantidades de recursos requeridos por cada puesto de trabajo y se realizan los cálculos requeridos para hallar las superficies estándar, gravitacional,

de evolución, a partir de éstos cálculos se inicia el diseño de los puestos de trabajo, éste se realizó a través de la herramienta Ms Visio y se muestra en el Anexo H.

Tabla 12 Ejemplo cálculo de áreas por puesto de trabajo

Zona de torneado													
Tipo de elemento	Elemento	Cantidad de elementos (n)	Lados de trabajo (N)	Largo (L) [m]	Ancho (A) [m]	Alto (h)	Ss [m ²]	Sg [m ²]	Se [m ²]	ST unitario [m ²]	ST total [m ²]	he	k
Elementos móviles	Operario	1				1,7	0,5					1,7	
Elementos estáticos	Torno	1	1	2	1	1,6	2	2	2,17	6,17	6,168		
	Barril producto en proceso	2	1	0,58	0,58	0,89	0,336	0,34	0,36	1,04	2,075		
	Armario de herramientas	1	1	1,4509	0,8135	1,9	1,18	1,18	1,28	3,64	3,64	1,57	0,542
										Superficie	11,88		

Ilustración 5. Ejemplo diseño de puesto de trabajo



6.8. Desarrollo y selección de la propuesta más adecuada:

6.8.1. Restricciones de espacio:

Para la nueva planta productiva, se cuenta con las siguientes áreas:

- Un área plana de producción en un primer piso de 736 metros cuadrados.
- Un área de oficina de 72 metros cuadrados en el primer piso.

- Un planchón de 272 metros cuadrados en un segundo piso, ubicado sobre el área productiva del primer piso cubriendo un tercio de su superficie.
- Un área de oficina de 72 metros cuadrados en el segundo piso justo encima de las oficinas del primer piso.
- Un planchón de 272 metros cuadrados justo encima del planchón del segundo piso, ubicado en un tercer nivel.
- Un área de oficina de 108 metros cuadrados ubicada en el tercer nivel sobre las oficinas del primer y segundo piso.

El espacio asignado para desarrollar el diseño de la propuesta es el siguiente:

- Para área productiva solo se puede contemplar el primer piso
- Dentro de las áreas de oficina no se puede albergar producto, materia prima y mucho menos partes del proceso productivo, en ellas debe quedar las oficinas administrativas de la planta y área disponible para show room con clientes.
- El planchón del segundo piso se contemplará para crecimiento de la unidad a futuro, por ahora se contempla únicamente el almacenamiento de producto en gris listo para pintura y algunas áreas accesorias como la cafetería.
- El planchón del tercer piso no debe ser tenido en cuenta pues la gerencia tiene otros proyectos alternos para esa área.

6.8.2. Requerimientos de la gerencia para el diseño de la planta:

Antes de iniciar el desarrollo de las propuestas se consulta con la gerencia los factores que se deban tener en cuenta y que se deban ingresar como restricciones para el diseño de la planta, los requerimientos de la gerencia para el diseño de la planta son los siguientes:

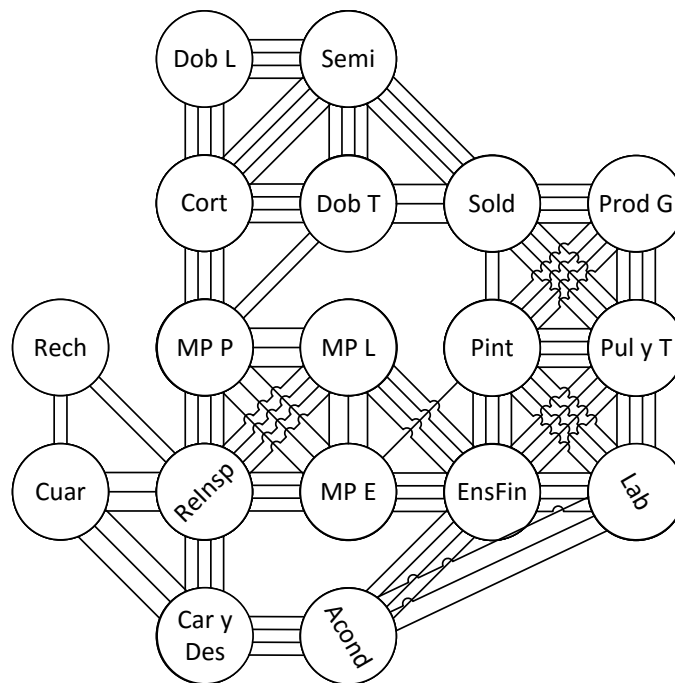
- El área de almacenamiento transitorio de producto ensamblado se debe ubicar en un planchón en un segundo nivel que está siendo construido especialmente para ello, éste planchón se usará para éste almacenamiento y para las áreas accesorias que se requiera ubicar allí como cafetería, cuarto de basuras y de implementos de aseo.
- En las áreas administrativas se ubicarán tanto las oficinas del personal administrativo de la planta como un área de vitrina donde puedan ir clientes potenciales y revisar las referencias que allí se fabrican y las que están en desarrollo.
- El planchón ubicado en el tercer nivel de la planta estará libre para almacenamiento de producto terminado tanto de la unidad de Bed Lab como para producto de otras unidades.

- En la planta se implementará un puente grúa que servirá tanto para mover las piezas entre los tanques de la zona de pintura como para mover productos ensamblados o terminados entre los tres niveles de la planta.

6.8.3. Desarrollo de las propuestas:

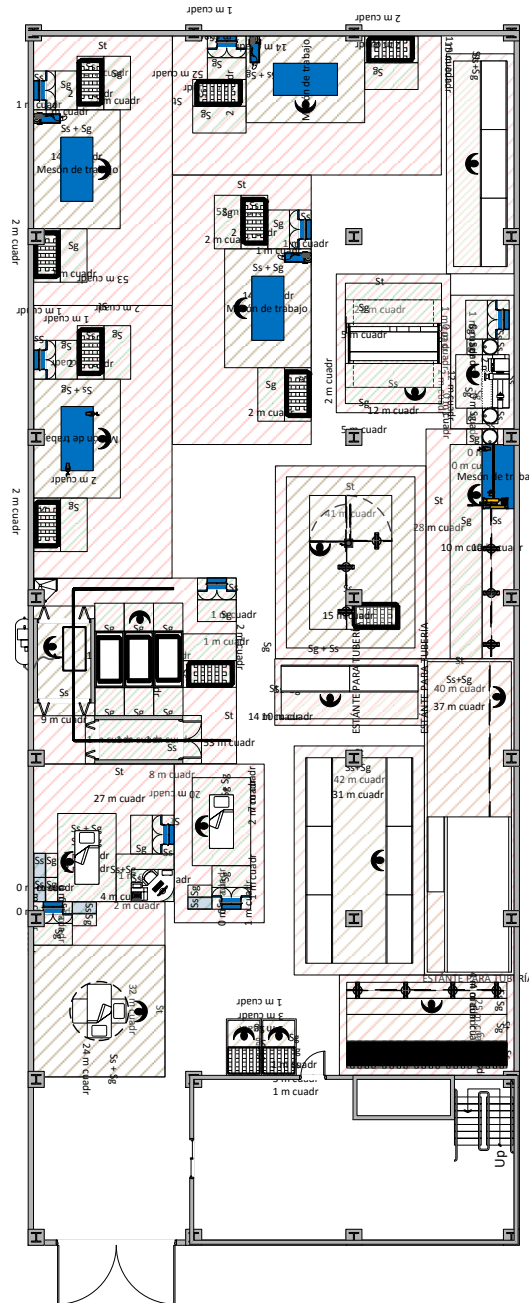
Para el desarrollo de la propuesta de distribución de planta, se utilizó el Anexo D (Diagramas de Operación Actuales) sobre la base de éstos diagramas se elaboró el Anexo L, en el cual se muestra las relaciones entre áreas, y de ellas se deriva el anexo M (Diagramas de distribución de planta) en el cual se presentan tanto los diagramas de relaciones como los diagramas de relación de espacios para dos propuestas de distribución de la planta (área productiva) las propuestas son modificadas de acuerdo con las consideraciones de gerencia mencionadas en el numeral anterior, los requisitos legales y normativos presentados en el numeral 7.5. y consideraciones adicionales de ambiente de trabajo por ejemplo para puestos de trabajo que manejen altas temperaturas durante su operación.

Ilustración 6 Diagrama de relación entre áreas propuesta 1



Las propuestas ajustadas (Anexo N) son presentadas a la gerencia de manera que se aprueba la propuesta número dos, ésta se concreta en el (Anexo O. Diseño final de la propuesta) y se inician las adecuaciones y modificaciones correspondientes para su implementación.

Ilustración 8. Propuesta aprobada (segunda), ajustada a las dimensiones de la planta.



6.9. Modelado de la propuesta seleccionada:

Con el fin de presentar resultados que den validez a la respuesta seleccionada, se utiliza una herramienta de simulación para modelar los datos recolectados durante el desarrollo del proyecto, el software seleccionado fue FlexSim dado que presenta una interfaz más amigable al usuario y resultados más visuales al final del modelado.

Para proceder al modelado, inicialmente se debe definir el proceso productivo que se pretende simular, y teniendo en cuenta que el presente proyecto se desarrolla alrededor del análisis del proceso productivo para la familia de camas hospitalarias, teniendo en cuenta también que como ya se mencionó la producción es programada por corridas de producción por lotes, se propuso a la gerencia realizar la simulación de la planta para el proceso productivo de un lote de 18 camas hospitalarias de la referencia CHE-3M-3A-4P V2, dicha simulación se realiza contemplando inicialmente dos escenarios, el primero correspondiente a la planta de producción original con sus condiciones iniciales y los tiempos tomados en el estudio de tiempos, que se reflejan en los Anexos D E y F para las operaciones que comprenden dicha referencia.

Dado que en el Anexo E. Tablas de tiempos normalizados por proceso se evidencia que el porcentaje de relación entre la desviación estándar de la muestra de datos tomada para determinar los tiempos asignados de cada operación, y el promedio de tiempo observado oscila siempre entre un 0,5% y un máximo de un 4%, se aproximan dichos tiempos asignados a tiempos determinísticos y sobre ellos sin la intervención de distribuciones de probabilidad realizar el modelado de la simulación en FlexSim.

Para realizar el modelado de la planta, se requiere definir la velocidad con la cual se realizan los desplazamientos de los operarios dentro de la planta, por ello se realizan diferentes ensayos tomando mediciones de tiempos para los movimientos de empleados dentro de la planta, arrojando como resultado una velocidad promedio de 44,4 [m/min], se usan estas unidades dado que el total del modelo se monta sobre las unidades de longitud en metros, tiempo en minutos y volumen en litros y estas unidades se deben conservar durante toda la simulación.

Teniendo en cuenta todo ello, en el Anexo P se encuentran las simulaciones para la distribución original de la planta y para la distribución propuesta resultante del presente proyecto, además se simulan también los siguientes escenarios:

- Escenario 1: Si se tiene un equipo de soldadura más y el operario de corte está capacitado para usarlo (en el área de pulido y terminados) ¿Cuál es el tiempo de flujo resultante si cada vez que el operario está desocupado y hay tarea de soldadura pendiente éste la asume en ese puesto de trabajo?
- Escenario 2: ¿Cuál es el tiempo de flujo resultante si se tiene un puesto de soldadura adicional con su propio operario?
- Escenario 3: ¿Cuál es el tiempo de flujo resultante si se tiene un puesto de corte adicional con su propio operario?

Los tres escenarios se realizan a partir de la base del modelo final propuesto, de manera que, al analizar los tiempos de flujo resultantes, las simulaciones arrojan los datos consignados en el Anexo Q, en el cual se muestran los tiempos de flujo para cada escenario y además en cada escenario los tiempos de utilización, tiempos libres, tiempos de transporte y demás para cada operario. Con éstos tiempos se determina las posibles causas para las variaciones de los tiempos dado que cada labor se realiza por un operario en cada puesto de trabajo.

Resultado de las simulaciones se obtiene un tiempo de flujo para el modelo inicial de la planta de 4911,28 min que equivale a 10,23 días de trabajo (con 8 horas laborables).

El modelo propuesto en el presente proyecto de grado arroja en su simulación un tiempo de flujo de 2685,43 min que equivale a 5,59 días de trabajo (con 8 horas laborables) representando una disminución en el tiempo original del 45,32% cifra bastante importante que se debe claramente a la reducción en el tiempo de espera en el proceso de pintura electrostática, dado que éste proceso que se realizaba como un servicio externo en este modelo se pretende implementar dentro del proceso productivo, lo que reduce casi al mínimo el tiempo de espera a los procesos posteriores a la pintura electrostática, además, con la mejora propuesta en el proceso de soldadura, en el que se eliminan una buena cantidad de operaciones implementando las matrices de soldadura y eliminando muchos semielaborados que se pueden omitir e incluir dentro del proceso general de punteado y acordonado de cada estructura. Adicionalmente al realizar las pruebas en campo del proceso de punteado y acordonado utilizando las matrices de ensamble, se encuentra que también el tiempo de dicha operación se reduce de manera importante lo cual ayuda a que el tiempo total de flujo disminuya.

La simulación del escenario 1 antes descrito por su parte arroja un tiempo de flujo de 3710,03 min, un equivalente a 7,73 días de trabajo (con 8 horas laborables) representando una disminución en el tiempo original del 24,46%, contrario a lo

esperado, el escenario 1 representa una mejora al modelo original pero supera el tiempo arrojado por la propuesta de distribución resultante del presente proyecto, revisando los indicadores de utilización y de tiempo libre de los operarios en éste escenario, se puede encontrar que la causa en el aumento del tiempo es que cuando el operario de corte se encuentra desocupado y procede a adelantar tareas de soldadura, se generan nuevos requerimientos para el área de corte que el auxiliar de corte no puede atender hasta tanto no culmine la tarea de soldadura que inició, ello genera esperas en los demás soldadores que no se tenían en la propuesta inicial.

La simulación del escenario 2 arroja un tiempo de flujo de 2651,09 min, el equivalente a 5,52 días de trabajo (con 8 horas laborables) tiempo que representa una mejora del 46,02% respecto al tiempo arrojado por el diseño original de la planta, esto indica que aumentar la capacidad en el proceso de soldadura si generaría efectivamente una mejora algo mayor a la inicialmente propuesta en el diseño de la planta propuesto en el presente proyecto, sin embargo el porcentaje de mejora aumenta solamente un 0,51% respecto a éste último. Con lo cual la gerencia no está dispuesta a realizar la inversión necesaria para ampliar la capacidad del área de soldadura por una mejora del 0,51% respecto a la mejora obtenida con la propuesta original.

Finalmente en el escenario 3 se encuentra un tiempo de flujo de 2679,44 min, equivalente a 5,58 días de trabajo representando entonces una mejora del 45,44%, 0,12% más que el porcentaje arrojado por la propuesta de layout original y 0,58% menos que el porcentaje arrojado por el escenario 2, con lo cual para una futura mejora la gerencia puede evaluar los costos de implementar un puesto de trabajo de soldadura o uno de corte adicionales y decidir sobre uno u otro teniendo en cuenta la mejora en el tiempo para cada escenario, aunque a primera vista si se quisiera mejorar el tiempo resultante para el diseño propuesto por el presente proyecto, la mejor opción sería aumentar un puesto de trabajo más con su operario en el área de corte, pues la mejora en el tiempo de flujo sería mayor y la inversión en maquinaria y en mano de obra sería menor que al aumentar un puesto de trabajo en el área de soldadura.

6.10. Evaluación y mejora continua:

Para garantizar que se mantenga el desarrollo y mejora continuas del proceso productivo de mobiliario hospitalario, se implementan junto con el coordinador de producción el procedimiento de auto inspección con una lista de chequeo de verificación de las condiciones de la planta y el procedimiento de auditoría interna la cual está a cargo del área de calidad, en el cual se verificará entre otras cosas el

cumplimiento de las metas requeridas por gerencia y medidas por medio de los indicadores de gestión para la planta.

En conjunto con la coordinación de la planta y la dirección de LH se determina que para el periodo 2017-2018 los indicadores de gestión que se verificarán para la planta por parte del área de calidad serán el de producto no conforme y el lead time de producción

- Indicador de producto no conforme: (Productos no conformes presentados en fabricación por lote + productos no conformes presentados en almacenamiento del mismo lote + productos no conformes presentados como garantías de clientes del mismo lote/tamaño del lote producido) x100
- Lead time de producción: comprende el intervalo de tiempo que se tarda en producir una unidad o un lote de unidades.

Se determina un cronograma para realizar una auto inspección mínimo cada seis meses y una auditoría interna mínimo cada año, además se recomienda a la coordinación de producción implementar indicadores para monitorear constantemente el rendimiento de la planta como los índices de productividad de mano de obra, de materia prima y total, o el indicador de rotación del inventario:

- Productividad total=ventas totales/recurso total utilizado
- Productividad de MO=(Precio de venta unitario x Nivel de producción)/(Costo hora de mano de obra x total de horas hombre utilizadas)
- Productividad de MP=(Precio de venta unitario x Nivel de producción)/Costo total de la Materia Prima
- Inventario promedio [costo]=(Inventario inicial del periodo [costo]+Inventario final del periodo[costo])/2
- Rotación de Inventario= (Ventas del periodo en costo [costo/periodo]/Inventario promedio durante el periodo en costo [costo])

Se recomienda que la medición de estos indicadores se realice como mínimo de manera mensual o bimensual para tener tiempo suficiente entre mediciones para tomar acciones correctivas al respecto de los resultados de las mismas.

7. CONCLUSIONES

- La fase de análisis y mejora del proceso detectó diferentes falencias y carencias que fueron muy importantes para el desarrollo del diseño de la planta, puesto que de allí incluso surgieron necesidades de áreas que no se tenían en cuenta y que hacen más productivo el proceso.
- Para el sector en el que se desenvuelve la empresa (el sector salud) es primordial tener muy en cuenta la normatividad vigente aplicable a las actividades realizadas pues durante el desarrollo del proyecto muchos de los requisitos para el diseño de la planta fueron aportados por la necesidad de cumplir con dicha normatividad aplicable a la fabricación de dispositivos médicos.
- Se identifica la especial importancia de trabajar muy de la mano con la persona que coordina la producción de la planta, dado que, aunque se apliquen herramientas de diagnóstico para identificar oportunidades de mejora, el coordinador de producción conoce su planta y puede aportar importantes datos que muchas veces no se tienen en cuenta para un diagnóstico más completo.
- El trabajo en equipo y las reuniones constantes con la dirección de la empresa, permiten que el avance del proyecto y las diferentes propuestas y sugerencias para la planta se vayan aprobando e implementando, esto es importante para no tener tal vez retrocesos en el desarrollo del mismo proyecto.
- Debido a que la producción de dispositivos médicos es regulada por el INVIMA, hasta tanto no se cuente con el permiso de fabricación de dispositivos médicos otorgado por el INVIMA para esta nueva planta de producción, no se podrá iniciar la producción en masa de todas las referencias, excepto las que no sean consideradas dispositivos médicos, con lo cual hasta tanto no se culminen las adecuaciones locativas de la planta productiva no se podrá solicitar visita e iniciar los procesos productivos.
- Dado que en la nueva planta productiva aún no se ha podido iniciar la producción en masa no se tiene los medios para realizar un análisis de tiempos de la nueva distribución y determinar la magnitud de la mejora obtenida con el nuevo Layout en temas de tiempos de producción, sin embargo se proyecta junto con la coordinación de la producción realizar el respectivo análisis después de que toda la mejora sea implementada y se obtenga la certificación que permita iniciar los procesos productivos bajo los parámetros exigidos por el INVIMA.

- La lista de chequeo de auto inspección y el procedimiento de auditorías internas son de gran importancia para mantener y mejorar las condiciones físicas y el diseño de los procesos que se implementen a raíz del presente proyecto de grado, esto depende en gran medida del cumplimiento de los cronogramas y de seguir trabajando de la mano con la dirección para que la planteada mejora continua llegue a ser implementada en la mayoría de los casos.
- El uso de herramientas de simulación es de gran importancia para tomar decisiones antes de invertir recursos en cada alternativa de mejora, sin mencionar que su uso evita recurrir a la prueba y error para tomar decisiones.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer un control de entrega de materia prima e insumos que no esté a cargo necesariamente del coordinador de la producción, incluso que el control se haga también sobre la entrega y consumo de semielaborados, esto para llevar a cabo mediciones de inventarios más exactos y poder llegar a establecer las cantidades óptimas de inventario requeridas para mantener el nivel de producción requerido y así disminuir los costos.
- Se recomienda que el Coordinador de producción adopte el papel de Director Técnico de la planta productiva de manera que además de controlar el proceso productivo mantenga el sistema de control de calidad que se implementa por requerimiento del ente regulatorio INVIMA y que será anualmente verificado por éste mismo ente, dado que la experiencia en el campo ha demostrado a LH que debe existir una persona in situ encargada de mantener y mejorar éste sistema.
- Se recomienda realizar un nuevo estudio de tiempos cuando la planta de producción se encuentre fabricando en su capacidad completa para determinar nuevas oportunidades de mejora en puestos de trabajo y así tener un importante insumo para la programación de la producción.
- Realizar capacitaciones continuas al personal de la planta no solo en las actividades que se realizan a nivel productivo sino también en las condiciones normativas que se deben cumplir en la planta de producción para mantener las condiciones generales.
- Se recomienda implementar un plan de muestreo y otras herramientas para medir la calidad de los productos pues es un aspecto de suma importancia para asegurar la continuidad del negocio atendiendo a la satisfacción del cliente, medida desde la calidad del producto terminado.
- Se recomienda implementar la utilización de un software de simulación que permita al coordinador de producción moldear las capacidades de la planta en cada una de sus estaciones y conocer una estimación del resultado de dichos movimientos antes de su implementación.

BIBLIOGRAFIA

- BALAKRISHNAN J, CHENG C.H., CONWAY D.G. y LAU C.M. A hybrid genetic algorithm for the dynamic plant layout problem. *International Journal of Productions Economics*. Vol. 2, No 86 (2003); P: 107 – 120.
- CHASE Richard B., JACOBS F. Roberts, AQUILANO Nicholas J. *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros*. Duodécima edición. Mc Graw Hill, México 2009. P. 221.
- CHASE Richard B., JACOBS F. Robert, AQUILANO Nichikas J. *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. Décima edición. México, Mc Graw Hill, 2005. P 207.
- COSSIO, Herceleyde. RUIZ, Juan Esteban. *Propuesta de diseño y distribución de planta para la empresa Carretes y Maderas*. Trabajo de grado (Ingenieros Industriales) Universidad San Buenaventura. Facultad de ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. Cali, 2012
- CUATRECASAS ARBÓS, Luis. *Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid: 2012. P 332.
- DE LA FUENTE David, FERNÁNDEZ Isabel. *Distribución en planta*. Primera edición. Universidad de Oviedo, 2005. P. 7
- KOOPMANS T.C. y BECKMANN M. Assignment problems and the location of economic activities. *Econometrica*. Vol 1 (1957); P: 533 – 76)
- MARTINEZ Santa María R. CHARTERINA Abando A. y ARAUJO de la Mata A. *Un Modelo Causal de Competitividad Empresarial Planteado desde la VBR: Capacidades Directivas, de Innovación, Marketing y Calidad*, Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, Volume 16, Issue 2. País Vasco, 2010. Pages 165-188
- MUTHER Richard. *Distribución en planta*, Editorial Hispano Europea Barcelona, 1981.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*. Segunda edición. México. 1997
- ORTIZ P. Néstor Raúl. *Análisis y Mejoramiento de los Procesos de la Empresa*. Primera edición. Colombia, Universidad Industrial de Santander, 1999. P 207.
- QUICENO, Oscar David. ZULUAGA, Natalia. *Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del sector lácteo*. Trabajo de

grado (Ingenieros Industriales) Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial. Cali, 2012.

- RIVERA Leonardo. CARDONA Luis F. VÁSQUEZ Laura. RODRIGUEZ Maria A. Selección de alternativas de redistribución de planta: un enfoque de las organizaciones. Cali, 2012.
- VAUGHN Richard C. Introducción a la ingeniería industrial. Segunda edición. 1990. P 111.
- ZAMORA, Oscar Eduardo. Diseño y planeación de un nuevo centro de distribución para la empresa Líneas Hospitalarias S.A.S. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial) Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Bucaramanga, 2014.