



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Diseño de la ampliación del área de manufactura para la  
fabricación de las parrillas quemador en una empresa  
metalmecánica”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentado por:**

**LILA MERCEDES CHABLA CEDEÑO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de avanzar con mis metas; a mi tutora del proyecto de titulación la Ph.D. Cinthia Pérez, y al equipo de trabajo que colaboró de una u otra forma para la realización de este proyecto.

## DEDICATORIA

Este trabajo, realizado con esfuerzo por varios meses, está dedicado a mis hijos como ejemplo de superación para ellos.

## TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

**Cinthia Pérez S., Ph.D.**  
**DIRECTORA DE PROYECTO**

---

**Óscar Calero, MSc.**  
**VOCAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



---

Lila Mercedes Chabla Cedeño

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como resultado el diseño de la ampliación del área de manufactura para la fabricación de las parrillas quemador que le permita a la empresa metalmecánica reducir los costos de fabricación para incrementar la participación en el mercado de exportación de estufas.

La empresa metalmecánica actualmente compra las parrillas quemador a un proveedor local. Al realizar un análisis de costo de los productos, se identificó que el precio de las parrillas quemador representa un 5% del costo total de la lista de materiales.

El objetivo principal de este trabajo consiste en diseñar la ampliación del área con los lineamientos de SLP y manufactura esbelta que nos permita integrar la fabricación de las parrillas quemador en las instalaciones de la empresa para reducir el costo del producto terminado y de esta manera ganar una mayor participación en el mercado incremento las ventas de las estufas.

Se inicia con una evaluación financiera para analizar si el proyecto es rentable analizando los escenarios para la adquisición de los equipos de fabricación. Esto se confirma validando los porcentajes obtenidos en la TIR y el VAN. Una vez calculado el flujo de efectivo del proyecto, se procede a realizar un modelo de árbol de decisión para decidir cuál es la mejor alternativa para la fabricación de la parrilla.

Luego de la evaluación financiera del proyecto, se presenta el diseño del área siguiendo los pasos que indica la metodología SLP. Partiendo con la determinación de las relaciones entre las diferentes operaciones de la nueva área, para luego plantear el diagrama Nodal considerando el orden de proximidad para las diferentes actividades de proceso en la nueva área. Basados en el análisis anterior, se presentan las diferentes alternativas de distribución para luego seleccionar la mejor propuesta de diseño.

Finalmente se analiza el manejo de material y flujo de proceso a través del VSM para la fabricación de la parrilla. En el diagrama del VSM podemos identificar si el nuevo proceso tiene flujos directos sin estancamiento, los tiempos de trabajo en cada actividad, lead time del proceso y, los días de inventario necesarios.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Justificación del estudio .....	3
1.5 Estructura del proyecto.....	4
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1 Criterios del valor actual neto.....	5
2.2 Criterios de la tasa interna de retorno.....	5
2.3 Criterios de la tasa de descuento .....	6
2.4 Análisis de riesgo, uso del árbol de decisión .....	7
2.5 Tareas que desarrollar en un sistema productivo .....	8
2.6 Representación y análisis de los procesos.....	10
2.7 Modelos básicos de distribución en planta.....	10
2.8 Dimensionamiento de un sistema productivo.....	13
2.9 Determinación de la cantidad de máquinas y equipos necesarios.....	14
2.10 Distribución de los equipos y su ubicación en la planta.....	14
2.11 Metodología de diseños de planta.....	14
2.12 Mapa del flujo de valor.....	19
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>22</b>
3.1 Evaluación financiera preliminar del proyecto .....	22
3.2 Árbol de decisión.....	29
3.3 Condicionantes del diseño .....	30
3.3.1 Diseño del producto.....	31
3.3.2 Diseño del proceso.....	32
3.3.3 Planificación.....	34
3.4 Metodología SLP.....	37
3.4.1 Análisis de flujo.....	37
3.4.2 Requerimiento de espacio.....	40
3.4.3 Análisis macro cualitativo.....	42
3.4.4 Búsqueda y selección.....	45
3.4.5 evaluación de alternativa.....	47
3.5 Mapa del Flujo de valor.....	50

<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	54
4.1. Conclusiones.....	54
4.2. Recomendaciones.....	55
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ABREVIATURAS

VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
TMAR	Tasa de descuento
SLP	Planteamiento sistemático de la distribución en planta
VSM	Mapa del flujo de valor
OEE	Eficiencia global de los equipos
GPM	Golpes por minutos

## SIMBOLOGÍA

Incremento	Incremento
Vta.	Ventas
Cant.	Cantidad
Unid.	Unidad
Seg.	Segundo
Req.	Requerido
Min.	Minutos
Parr.	Parrilla
Ton.	Toneladas
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pag.
Figura 2.1	Modelo de árbol de decisiones .....	8
Figura 2.2	Distribución orientada al proceso o funcional .....	11
Figura 2.3	Distribución orientada al producto o flujo.....	12
Figura 2.4	Matriz producto – proceso .....	13
Figura 2.5	Metodología SLP .....	15
Figura 2.6	Diagrama de relaciones de actividades .....	17
Figura 2.7	Diagrama Nodal .....	18
Figura 2.8	Alternativas de bloques de diseño .....	19
Figura 2.9	Simbología para realizar VSM .....	20
Figura 2.10	Niveles a mapear con el VSM .....	20
Figura 3.1	Árbol de decisión para fabricar los dedos de la parrilla .....	30
Figura 3.2	Parrilla superior para estufas .....	31
Figura 3.3	Diagrama proceso operativo ensamble de la parrilla .....	33
Figura 3.4	Troquel para corte de la varilla .....	36
Figura 3.5	Diseño troquel para doblado de la varilla .....	36
Figura 3.6	Diagrama de proceso fabricación de parrilla .....	38
Figura 3.7	Diseño del pallet metálico para abastecimiento varilla .....	39
Figura 3.8	Diseño del carro para almacenar parrillas terminadas.....	40
Figura 3.9	Diseño del carro para almacenar dedos de la parrilla.....	40
Figura 3.10	Área disponible para el nuevo proceso .....	41
Figura 3.11	Diagrama nodal para el proceso fabricación parrilla .....	45
Figura 3.12	Alternativa de distribución 1.....	46
Figura 3.13	Alternativa de distribución 2.....	47
Figura 3.14	Alternativa de distribución 3.....	47
Figura 3.15	Ubicación de la nueva área de fabricación .....	50
Figura 3.16	Distribución de los equipos en la nueva área .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla 1	Valores de la relación de cercanía .....	16
Tabla 2	Supuestos del proyecto para ambos escenarios .....	23
Tabla 3	Pronóstico de unidades vendidas por año (demanda alta).....	23
Tabla 4	Pronóstico de unidades vendidas por año (demanda baja) .....	24
Tabla 5	Flujo de caja para una demanda alta y proceso corte manual ....	25
Tabla 6	Flujo de caja para una demanda alta y proceso corte automático	26
Tabla 7	Flujo de caja para una demanda baja y proceso corte manual ....	27
Tabla 8	Flujo de caja para una demanda baja y proceso corte automático	28
Tabla 9	Resultados del VAN y TIR de los flujos de caja del proyecto .....	28
Tabla 10	Pronóstico de la demanda en unidades.....	29
Tabla 11	Cantidad anual de parrillas por estufas .....	32
Tabla 12	Volumen anual de los accesorios para la parrilla .....	33
Tabla 13	Tiempo ciclo para cada etapa del proceso .....	33
Tabla 14	Requerimiento del proceso ensamble parrilla .....	34
Tabla 15	Requerimiento de horas para el corte y doblado de dedos.....	34
Tabla 16	Característica de las prensas mecánicas para fabricar los dedos	35
Tabla 17	Comparativo del porcentaje de utilización de las prensas.....	37
Tabla 18	Espacio requerido para el nuevo proceso de fabricación.....	42
Tabla 19	Niveles de importancia para la cercanía de las actividades.....	42
Tabla 20	Diagrama de relación de las actividades .....	44
Tabla 21	Colores de línea para dibujar la importancia de cercanía .....	44
Tabla 22	Cantidad de bloques para cada etapa del proceso .....	46
Tabla 23	Efectividad de layout alternativa 1 .....	48
Tabla 24	Efectividad de layout alternativa 2.....	48
Tabla 25	Efectividad de layout alternativa 3.....	49
Tabla 26	Datos recolectados de las prensas actuales .....	51

## INTRODUCCIÓN

La ubicación de las instalaciones y el diseño eficiente de esas instalaciones son aspectos estratégicos importantes para los negocios. Toda organización busca como maximizar la productividad aprovechando el máximo rendimiento del sistema.

Un análisis del diseño de planta generalmente incorpora un estudio de los diagramas de flujos del proceso, diagramas de flujos de materiales, diagrama de recorridos, tiempos de proceso, desarrollo de gráficos desde - hasta, diagramas de relación entre diferentes departamentos, ubicaciones de las máquinas y departamentos y, un transporte adecuado de los materiales. El propósito del diseño de planta es encontrar la mejor disposición de las instalaciones que minimice el costo del manejo de los materiales y soporte de mejor manera los objetivos de la empresa. El costo de operación durante la fabricación puede reducirse del 15 al 30% mediante un manejo bien organizado de los materiales. Por lo tanto, es fundamental que la ubicación de las máquinas y estaciones de trabajo estén colocados de tal manera que reduzca la distancia recorrida por el personal y los materiales.

Planteamiento sistemático de la distribución en planta (SLP) es un enfoque prominente que se usa ampliamente en el diseño de empresas pequeñas y medianas. Por lo tanto, esta metodología sirve tanto para el diseño como para el rediseño de las instalaciones. SLP incluye cuatro fases específicas: recolección de los datos y análisis; busca las posibles soluciones del diseño, evalúa las alternativas para elegir el mejor diseño e instalación. La forma en que debe diseñarse el área de distribución es en cierto sentido una versión especial del problema de localización. La determinación de una distribución adecuada implica encontrar las ubicaciones de los departamentos dentro de algún límite específico.

Una de las herramientas usadas para el diseño de un proceso Lean es el VSM. Esta herramienta permite mapear toda la cadena del valor de la empresa desde que el cliente lanza el pedido hasta que lo recibe. Durante este mapeo del proceso se debe identificar todas las actividades que agregan valor; qué actividades son necesarias sin valor agregado y aquellas actividades que son un desperdicio. El VSM nos permite evaluar si el diseño propuesto es ideal para conseguir un flujo continuo. Se obtiene un proceso esbelto cuando el porcentaje de actividades con valor agregado es mayor al 85% y este es uno de los objetivos de usar esta herramienta.

La empresa en la cual se desarrollará este proyecto tiene como finalidad diseñar la ampliación del área de fabricación para minimizar el costo de fabricación de las estufas y con esto aumentar la participación en el mercado. Para la ampliación del área es importante considerar factores a largo plazo como la capacidad de expansión y la flexibilidad de adaptación a cambios futuros del diseño del producto, así como requerimientos de operaciones actuales.

# CAPÍTULO 1

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

El desarrollo de este proyecto se realiza en una empresa manufacturera multinacional dedicada a la fabricación y distribución de electrodomésticos, bajo una reconocida marca internacional. La empresa cuenta con más de 20 años en Ecuador, ensambla estufas y encimeras de empotre para la región Andina y México. Actualmente se encuentra formada por las siguientes áreas: logística, marketing, producto, ventas, industrial y, servicios postventa.

La empresa metalmecánica busca constantemente innovar sus productos acordes a los requerimientos del mercado, para esto se enfoca en la renovación de la estética del producto que comprenden los aspectos físicos y de diseño que determinan el interés inicial para el usuario.

En la actualidad existe un alto nivel de competencia en el mercado de electrodomésticos. Un estudio de mercado realizado por una empresa local, muestra que la compañía objeto de estudio tiene alrededor de un tercio del mercado local de cocinas. Con el objetivo incrementar la participación en el mercado local, esto implica aumentar las ventas. El departamento de marketing evalúa toda la estética de las estufas ya que es donde se encuentran mayores oportunidades de mejoras que puedan reducir el costo de la estufa. Luego identifica y prioriza esas preferencias para solicitar los nuevos cambios de atributos en los artefactos. Esta necesidad es compartida con el equipo de producto y el área industrial para realizar un análisis de las nuevas características y, revisar la factibilidad de renovar los nuevos atributos en los artefactos sin afectar el costo del producto.

Para este proyecto, se ejecutó una sesión de trabajo que consistió en revisar el precio de cada componente de la lista de materiales de las estufas e identificar aquellos componentes cuyo precio sea representativo. El equipo pudo verificar que las parrillas quemador tienen un precio considerable dentro del listado. Este componente actualmente es comprado a un precio promedio de \$ 8,50 lo que representa un 5% del costo total del listado. El equipo industrial decidió fabricar internamente la parrilla quemador como una alternativa factible para reducir el costo de las estufas. Por lo tanto, nace la necesidad de diseñar la ampliación del área de manufactura siendo una estrategia para reducir el costo de fabricación y con esto se espera aumentar la participación en el mercado.

## 1.2. Objetivos

### Objetivo general

✓ Diseñar la nueva área de fabricación para parrillas quemador basados en las condicionantes del producto, proceso y planificación de operaciones usando la herramienta SLP y VSM para mejorar la competitividad y participación en el mercado de las estufas.

### Objetivos específicos

- ✓ Planificar recursos para la fabricación de las parrillas quemador, esto comprende equipos, carros y contenedores para el flujo del material, personal capacitado.
- ✓ Realizar diferentes alternativas de layout aplicando la metodología de SLP para proponer el diseño ideal para la nueva área de fabricación.
- ✓ Ejecutar VSM propuesto para conocer los flujos de materiales e información en la nueva área de fabricación de parrillas quemador.
- ✓ Presentar el árbol de decisión con el valor de utilidad del proyecto para evaluar los diferentes escenarios e identificar el más conveniente para la fabricación de los elementos de la parrilla.
- ✓ Preparar el presupuesto para la instalación y adecuación del área.

## 1.3. Formulación del problema

Con el siguiente trabajo se busca dar una respuesta al siguiente planteamiento ¿con el diseño de la ampliación del área de manufactura para la fabricación de las parrillas es viable reducir el costo de transformación de las estufas e incrementar la productividad de la planta?

Para responder a esta pregunta es necesario realizar el estudio del rediseño del área de manufactura, plantear un diseño factible y eficiente que ayude a la empresa a alcanzar los objetivos estratégicos y finalmente ejecutar un análisis financiero para entender la factibilidad del proyecto.

## 1.4. Justificación del estudio

La empresa donde se desarrolló este proyecto tiene como prioridad ahorrar 100,000 dólares anuales con la fabricación de las parrillas quemador en las instalaciones de la planta. Esto acrecienta la necesidad de buscar alternativas viables de aprovechamiento del espacio físico para la instalación de la nueva área de fabricación. Una distribución adecuada, aumentaría la productividad y por ende mejorarían los resultados del negocio.

Con la ejecución de este proyecto se busca diseñar la mejor alternativa de la distribución del área de manufactura para la fabricación de las parrillas quemador. Es importante realizar un estudio eficiente para que esta ampliación no estanque el flujo actual de los procesos de fabricación.

Analizar los factores cuantitativos y cualitativos del diseño de la nueva área nos debe ayudar alcanzar el beneficio económico esperado.

### **1.5. Estructura del trabajo de titulación**

Las fases para la ejecución de este proyecto son:

- ✓ Evaluación financiera del proyecto con el fin de identificar el escenario que le permita maximizar los ahorros propuestos y cumplir con los objetivos estratégicos del negocio. Para el desarrollo del proyecto se evaluará financieramente las dos opciones para la fabricación de los accesorios de la parrilla: proceso corte manual o proceso de corte automático. Con el resultado del VAN y TIR se desarrollará la mejor opción.
- ✓ Estudio del diseño de planta basado en la metodología SLP para presentar la mejor alternativa del diseño de ampliación para la nueva área de fabricación de parrillas quemador.
- ✓ Diseño y evaluación del flujo a través del mapa del flujo de valor VSM del área de fabricación para detectar los problemas de desperdicios del proceso.

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

La eficacia de un sistema productivo dependerá de cada uno de los aspectos relacionados con los materiales, maquinarias, instalaciones, elementos de capital productivo y la mano de obra. Bajo estas consideraciones, los tópicos tratados en este proyecto se segmentarán de tal manera que nos permita entender cómo desarrollar las actividades para su respectiva ejecución.

#### 2.1 Criterio del valor actual neto (VAN)

El desarrollo del análisis financiero se centra en los criterios de evaluación de proyecto donde se trataron los conceptos de VAN, TMAR y TIR expuestos por los autores (Ross, Westerfiel & Jaffe, 2012)

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. La fórmula a aplicar es:

$$VAN = \sum_{i=t}^n \frac{BN_t}{(1+t)^t} - I_0$$

Donde  $BN_t$  representa el beneficio neto del flujo en el periodo  $t$ .  $BN_t$  puede tomar un valor positivo o negativo.

La regla básica de inversión se puede generalizar como:

- ✓ Aceptar el proyecto si el VAN es mayor que cero. VAN positivo beneficia a los accionistas.
- ✓ Rechazar el proyecto si el VAN es inferior a cero.

La clave del VAN son sus tres atributos:

- ✓ El VAN usa flujos de efectivos. Los flujos de efectivo provenientes de un proyecto se pueden usar para otros propósitos corporativos (como pago de dividendos, otros proyectos de presupuesto de capital o pagos de intereses corporativos). En contraste, las utilidades son un constructo artificial.
- ✓ El VAN usa todos los flujos de efectivo del proyecto. Otros métodos pasan por alto los flujos de efectivo más allá de una fecha particular.
- ✓ El VAN descuenta los flujos de efectivo de una manera adecuada. Otros métodos pueden hacer caso omiso del valor del dinero en el tiempo cuando manejan flujos de efectivo.

#### 2.2 Criterio de la tasa interna de retorno (TIR)

El criterio de la tasa interna de retorno evalúa el proyecto en función de

una única tasa de rendimiento por periodo, con lo cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. Como señalan (Ross, et al. 2012), la TIR “representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestado y el préstamo se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que fuesen produciendo.”

Si la TIR es igual o mayor a la tasa de descuento, el proyecto debe aceptarse, y si es menor debe rechazarse.

$$TIR = \sum_{i=t}^n \frac{BN_t}{(1+t)^t} - I_0 = 0$$

El resultado que proporciona la TIR es lo más parecido que existe al VPN, sin que en realidad sea éste. La TIR proporciona una sola cifra que resume los méritos de un proyecto. Esta cantidad no depende de la tasa de interés que prevalece en el mercado de capitales. Por eso se denomina tasa interna de rendimiento: la cifra es interna o intrínseca al proyecto y no depende de otra cosa que no sean de los flujos de efectivo.

### 2.3 Criterio de la tasa de descuento (TMAR)

La tasa de descuento de un proyecto riesgoso es el rendimiento que se puede esperar sobre un activo financiero de riesgo comparable. La tasa de descuento se denomina costo de oportunidad porque la inversión corporativa en el proyecto les quita a los accionistas la oportunidad de invertir el dividendo en un activo financiero.

Los mercados de capitales ayudan a estimar la TMAR que se usa en el método de valor presente neto.

**La regla de inversión es clara:** Aceptar el proyecto si la TIR es mayor que la TMAR. Rechazar el proyecto si la TIR es menor que la TMAR.

Para Cuatrecasas (2017), los costos a considerar a partir de una determinada capacidad a instalar y el volumen de producción máximo por unidad de tiempo son:

- ✓ *Costos fijos de producción (CFP):* comprenden las amortizaciones e intereses de la inversión, costos de mantenimiento y otros gastos fijos relaciones con el uso de dichos equipos. Este costo crecerá con el tiempo siempre que se invierta en las máquinas.
- ✓ *Costos variables de la producción (CVP):* depende de los consumos de recursos tales como materiales, mano de obra, energía y otro, que se calculará un valor por unidad de producto.
- ✓ *Costos directos de la producción (CDP):* es el resultado que se obtiene al sumar los CFP y CVP.
- ✓ *Costos de distribución (CDD):* los gastos incurridos para llevar el producto

hasta el mercado.

Es necesario revisar el concepto del árbol de decisión para luego entender cómo se evaluarán las opciones de diseño de la nueva área de fabricación. Para esto se ha citado a los autores (Krajewski, Ritzman & Malhotra, 2008).

## 2.4 Análisis de riesgo, uso del árbol de decisión

Para (Krajewski, et al. 2008) se refieren al árbol de decisión “como un modelo esquemático de las alternativas disponibles para quien va a tomar la decisión, y las posibles consecuencias de cada una”. Es decir, el árbol de decisión es una técnica gráfica que nos permite representar y analizar una serie de decisiones futuras de carácter secuencial a través del tiempo. Además, proporciona una forma para desplegar visualmente el problema y después organizar el trabajo de cálculos.

La ramificación del árbol de decisión se conoce como nodo y los arcos se llaman ramas. Un nodo de decisión se representa gráficamente por un cuadrado con un número dispuesto en una bifurcación del árbol de decisión. Cada rama que se origina representa una alternativa de acción. Un nodo de probabilidad se expresa, mediante círculos, los sucesos aleatorios que influyen en los resultados. A cada rama que parte de estos sucesos se le asigna una probabilidad de ocurrencia. Así el árbol representa todas las combinaciones posibles de decisiones y sucesos, permitiendo estimar un valor esperado del resultado final, como un valor actual neto, utilidad u otro.

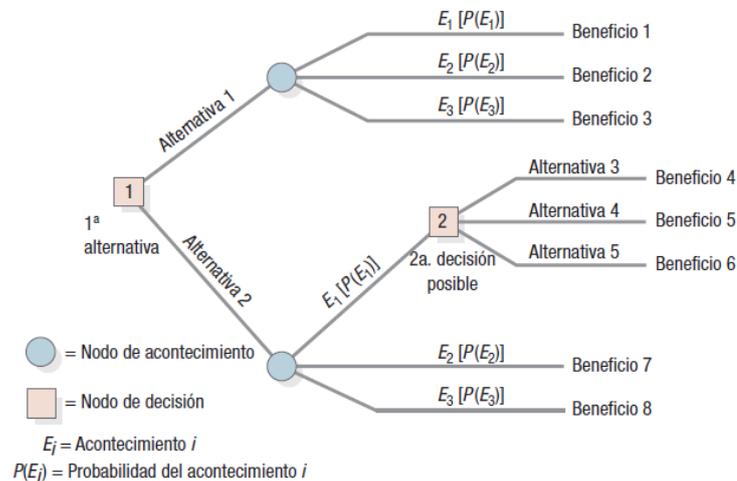
(Krajewski, et al.2008) aclaran que una vez trazado el árbol de decisiones, se resuelve avanzando de derecha a izquierda para calcular el beneficio esperado de cada nodo realizando lo siguiente:

- ✓ Para un nodo de acontecimiento, multiplicamos el beneficio de cada rama de acontecimiento por la probabilidad del acontecimiento. Sumamos estos productos para obtener el beneficio esperado del nodo del acontecimiento.
- ✓ Para un nodo de decisión, elegimos la alternativa que tenga mejor beneficio esperado de ese nodo. Cortamos las demás ramas no elegidas, tachándolas con dos líneas cortas. El beneficio esperado del nodo de decisión es el que se asocia con la única rama restante que no se podó.

Este proceso sigue hasta llegar al nodo de decisión que se encuentra más a la izquierda. La rama no podada que sale de él es la mejor alternativa disponible. Los autores aclaran que, si intervienen decisiones en múltiples etapas, es necesario esperar acontecimientos posteriores antes de decidir qué hacer. Si se obtienen nuevas estimaciones de probabilidades o beneficios, se repite el proceso.

En la figura 2.1 se muestra un modelo de árbol de decisiones. Para este ejemplo, el beneficio 1 es el resultado que se espera obtener si se escoge

dicha alternativa y luego se presenta un evento casual. Esto nos indica que todavía no se puede asociar ningún beneficio con las ramas que están más a la izquierda ya que tenemos un nodo de acontecimiento.



**FIGURA 2.1 MODELO DE ÁRBOL DE DECISIONES**  
(Fuente: Libro Administración de operaciones)

## 2.5 Tareas que desarrollar en un sistema productivo

A continuación, se ha citado al creador del Instituto Lean de España, Cuatrecasas (2017) manifiesta que “el rendimiento y la competitividad de la empresa depende de la actividad de su sistema productivo. El valor agregado, es el objetivo básico de toda empresa.” Con este concepto, es importante transcribir que tareas de gestión se deben desarrollar en la fase de diseño de la nueva área productiva para obtener un proceso con el mayor porcentaje de actividades con valor agregado de acuerdo a lo expuesto por autor.

**Aspectos relacionados con los procesos:** un sistema productivo debe llevar a cabo la producción de tal manera que se cumpla con los objetivos planteados: fabricación del producto, cantidad y ritmo planificado, tiempo de proceso, máxima ocupación de los equipos y costos mínimos de fabricación. Las tareas directamente relacionadas con la producción son:

- *Previsión de la demanda:* se puede calcular por medio de sistemas elaborados para tal efecto.
- *Planificación de la capacidad:* se refiere analizar cuáles serán los medios o factores necesarios para producir un volumen determinado del volumen por unidad de tiempo. Esta tarea debe ser analizada de tal manera que nos oriente a determinar la inversión y plantilla a requerir.
- *Diseño y desarrollo de procesos y su distribución en planta:* con la capacidad calculada en el punto anterior, nos guía al bosquejo de la planta donde se hará la fabricación, distribuida de tal manera que se

pueda producir de manera adecuada con el mínimo tiempo y al mínimo coste.

- *Implantación de los procesos* de acuerdo con los métodos de trabajo más eficaces, maximizar las actividades que aporten valor al producto con el mínimo consumo de recursos, eliminando toda actividad con desperdicio.
- *Planificación de la producción:* será la planeación correcta de los productos y componentes obtenido en el Plan maestro de la producción a partir de la previsión de venta o los pedidos en firme.
- *Gestión de materiales y existencias:* los modelos necesarios para ello pueden basarse en las previsiones de producción o en la disposición de existencias en el almacén, que optimicen el nivel de inventario. Hay que tener una mayor gestión con aquellos materiales interdependientes para controlar el tiempo exacto cuando se deben requerir.
- *Programación y control de operaciones*
- *Determinar las necesidades* de los recursos productivos y las de personal
- *Establecer la secuencia de lanzamiento* de las órdenes de producción
- *Integración de las actividades de suministro* de materiales y producción, junto con la distribución del producto terminado de modo que tengan la necesaria fluidez y flexibilidad para suministrar el producto, en el menor costo y con la máxima rapidez.
- *Gestión y control de la calidad y mantenimiento* adecuado que permitan obtener productos conforme a los requerimientos del cliente, utilizando equipos eficaces que generen productos sin defectos.

**Aspectos relacionados con los productos:** los factores a considerar en esta tarea son:

- *Ciclo de vida del producto*, el volumen de producción será un factor importante relacionado con el ciclo de vida ya que el mismo se verá aumentado a partir de la etapa de la madurez.
- Las decisiones acerca de la estructura del sistema productivo se dividirán en dos grupos:
  - a) **Infraestructura:** Organización, Producto y su desarrollo, Recursos humanos y el Sistema de planificación.
  - b) **Superestructura:** Capacidad de producción a implantar, ubicación del sistema, proceso de producción a elegir, medios físicos, sistemas de aprovisionamiento y distribución.

Para la elección y diseño del proceso existen dos tipos de condicionantes: internas y externas en menor o mayor proporción. Las condicionantes internas están ligadas con la realidad actual instalada de equipos y maquinarias que son usados en otras líneas de producción similar. En cambio, las condicionantes externas son las limitaciones de diseño y características del producto, de los mercados, la comercialización, etc.

En un sistema productivo preexistente debe aprovecharse al máximo la tecnología teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Adaptación del proceso que se va implantar y, en consecuencia, obtener una productividad, calidad, costo y tiempo de ejecución esperado.
- Grado de saturación de la utilización actual.
- Experiencia acumulada acerca de las técnicas de producción utilizadas en las instalaciones existentes.

## 2.6 Representación y análisis de los procesos

Para (Krajewski, et al. 2008) el análisis individual de cada actividad se puede realizar de dos maneras: una representación analítica y otra gráfica.

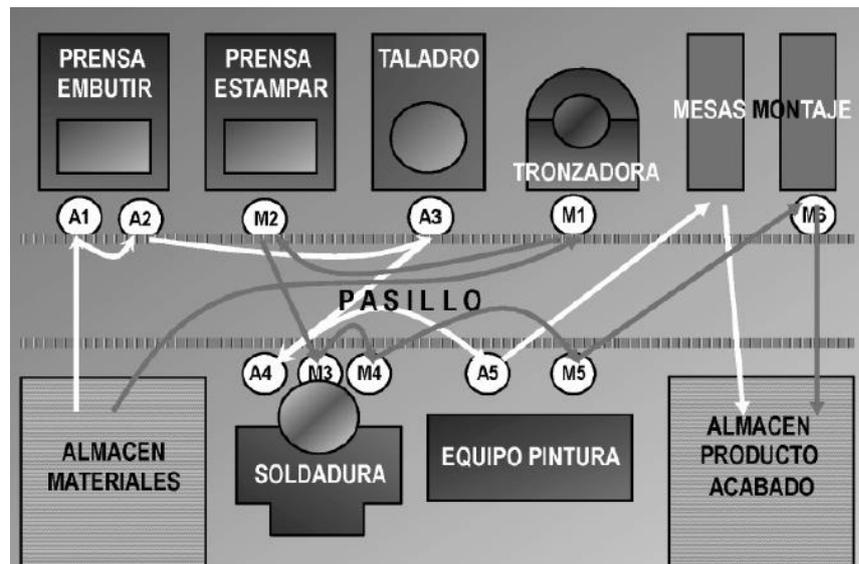
**Representación analítica:** muestra en cada actividad elemental información de tipo cuantitativo y cualitativo. El tiempo es la magnitud a partir de la cual se medirán las actividades y su eficacia en la organización. El planteamiento atendiendo a tiempos personas – tiempos de máquina, es decir, medir tiempos sin intervención de la persona. Una representación analítica nos confirma que actividades aportan valor al producto y cuáles no. Se debe seleccionar aquellas que no aportan valor y tratar de reducirlas. La representación analítica muestra la existencia de un buen número de actividades que no agregan valor para el cliente.

**Representación de los procesos:** un instrumento de gran interés son los diagramas de procesos, que constituyen una representación gráfica relativa a un proceso sea del tipo que sea. En un diagrama de proceso se emplean símbolos especiales para representar las actividades que se realizan en el proceso productivo. Los cinco tipos de actividades básica de los procesos son: operación, inspección, transporte, espera y almacenaje. Siendo operación la única actividad que agrega valor al producto. Dentro de estos cinco tipos de actividades pueden existir actividades combinadas, la más común es la operación-inspección.

## 2.7 Modelos básicos de distribución en planta

Cuatrecasas (2017) presenta en su libro dos modelos fundamentales de distribución de planta:

- ✓ **Disposición orientada al proceso o funcional,** los puestos de trabajos están agrupados funcionalmente. En la figura 2.2 se observa como la distribución se basa en la integración de personas y máquinas, y es el producto el que, a base de recorridos pasa de un puesto a otro. Aquí los productos pueden tener una secuencia distinta.



**FIGURA 2.2 DISTRIBUCIÓN ORIENTADA AL PROCESO O FUNCIONAL**  
(Fuente: Libro Ingeniería de procesos y de planta)

Los ejemplos más comunes de este tipo de distribución están:

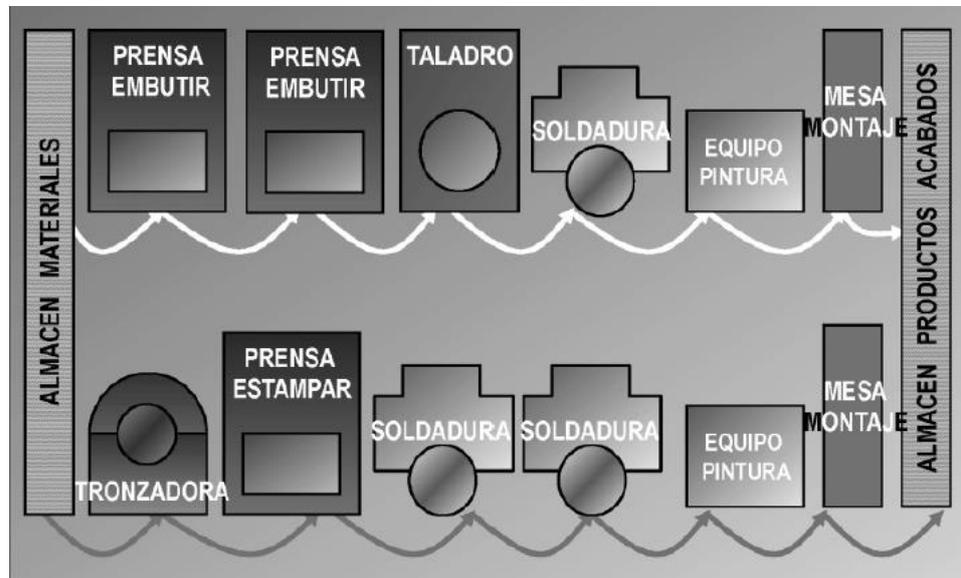
- En producción industrial cualquier taller de fabricación
- En producción de servicio aquellos en que las personas se desplazan a puestos de atención fijos: aeropuertos, oficinas bancarias, restaurantes, hoteles, hospitales, etc.

En una planta con distribución funcional, los equipamientos suelen ser genéricos, de gran capacidad, con frecuencia costos y requieren de operarios especializados. Lo positivo de esta distribución es que ningún puesto de trabajo está limitado para un solo producto, lo que permite una producción de mayor variedad. Además, las averías de los equipos no afectará la ruta del producto.

El aspecto negativo de este tipo de distribución es la lentitud en el desarrollo del producto, a consecuencia de que habitualmente se trabaja en lotes o contenedores de producto entre operaciones distintas que requieren un transporte intermedio. A esto se le suma el tiempo de espera de proceso del resto de los lotes que están en cola. La disposición de estos procesos requiere de una gran proporción de actividades complementarias que no agregan valor al producto e incrementa el costo ya que se deben emplear recursos para poderlas almacenar y transportar.

- ✓ **Disposición orientada al producto o en flujo**, los puestos de trabajos siguen una secuencia de operaciones para obtener el producto. Es muy típica en las cadenas de montaje como se observa en la figura 2.3. Los puestos de trabajos, los equipos están ubicados de acuerdo con la secuencia de operaciones del producto a fabricar. Este tipo de distribución exige una gran sincronización en las operaciones y evita

cualquier problema que puedan detener el proceso.



**FIGURA 2.3. DISTRIBUCIÓN ORIENTADA AL PRODUCTO O FLUJO**  
(Fuente: Libro Ingeniería de procesos y de planta)

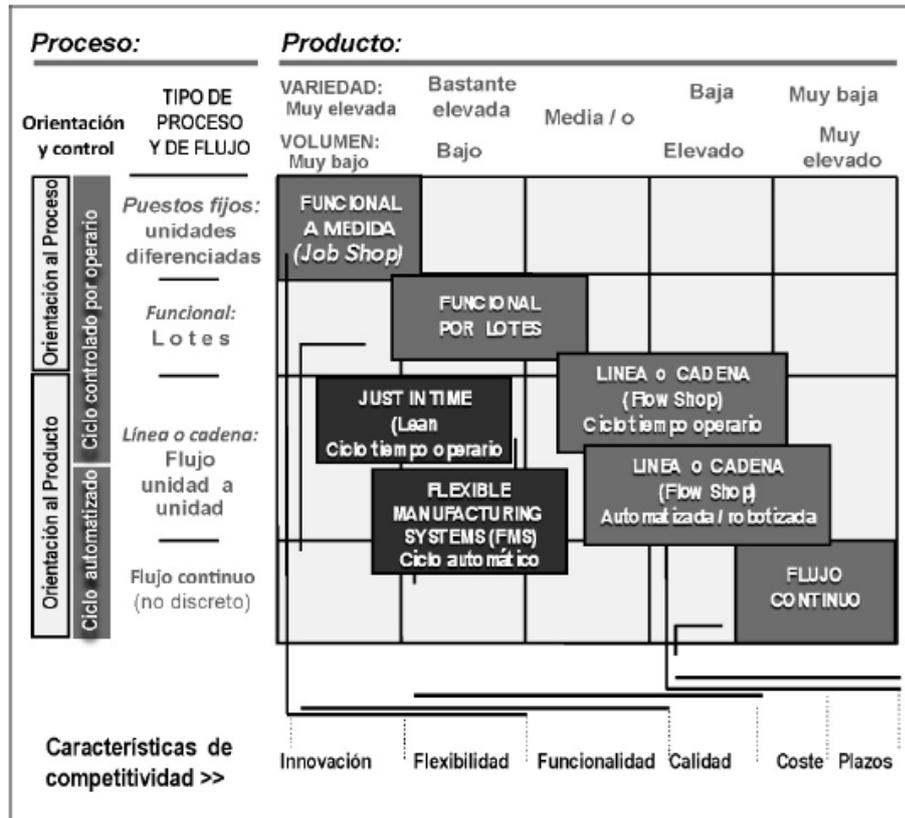
Las características básicas de este tipo de distribución son: los productos tienen rutas iguales, lo que exige homogeneidad en detrimento de la variedad y flexibilidad; los puestos de trabajos están orientados al producto objeto de la producción en flujo.

Un aspecto positivo a destacar es que ya no es necesario operar en lotes, lo que conlleva a obtener un lead time bajos. Los tiempos de operación deben estar balanceados. Existen pocas actividades de manipulación o de otro tipo que no agreguen valor al producto.

Los nuevos tipos de producción tienen los siguientes enfoques:

- Efectuar la producción con el mínimo empleo de recursos y con el mínimo número de actividades.
- Operativo con volúmenes de producción pequeños y elevada variación de producto.

En la figura 2.4 se muestran los enfoques avanzados de gestión ubicado en la zona inferior izquierda de la matriz producto – proceso, estos son: la producción Justo a tiempo (JIT) y los Sistema de fabricación flexible (FMS). Estos dos tipos de producción tienen como objetivo común la producción el flujo de una pieza, lotes pequeños de productos y le permite cambiar rápidamente de variante.



**FIGURA 2.4 MATRIZ PRODUCTO - PROCESO**

(Fuente: Libro Ingeniería de procesos y de planta)

Analizando la matriz, se observa que la producción Justo a tiempo se emplea para operaciones manuales, en cambio Sistema de manufactura flexible se emplea en operaciones más automatizadas.

Es importante considerar dentro del planteamiento general de distribución de planta, el flujo de los materiales desde que se recibe la materia prima hasta la consolidación del producto terminado. Así como determinar el área necesaria para las maquinarias o equipos con su respectivo espacio para el mantenimiento, movimiento del personal y espacio para el stock. Al momento de decidir por cuál opción irnos, es necesario tener en cuenta los gastos de instalación y producción correspondiente.

## 2.8 Dimensionamiento de un sistema productivo

El dimensionamiento es un input decisivo en el diseño e implantación del proceso de producción, de acuerdo con el volumen de producción planificado (carga de trabajo) y la capacidad de la planta para responder a dicha carga.

La capacidad de la planta se refiere a la cantidad de productos que se puede fabricar operando a pleno rendimiento todo el tiempo que se

disponga. Tener una planta flexible hace que este concepto sea un mínimo infranqueable. Sin embargo, se debe cuidar que los niveles de producción sean los necesarios.

La optimización del dimensionamiento global de una planta puede absorberse a partir de:

- ✓ El *beneficio* dado por los factores de consumo necesario y los costos asociados a la producción. Aunque también depende de los ingresos, y estos a su vez dependen del precio de venta proyectado en su máxima aproximación. Además, se debe prever los costos indirectos.
- ✓ El *volumen de ventas* es otro objetivo que puede emplearse para el crecimiento de una empresa; la capacidad de un sistema productivo deberá crecer con las ventas.

Como menciona Cuatrecasas (2017) en su libro “el mejor planteamiento es considerar ambos objetivos: minimizar el costo de operación y ajustarse a una determinada capacidad del volumen de venta estimado”.

## **2.9 Determinación de la cantidad de máquinas y equipos necesarios**

Para obtener las cantidades de máquinas y equipamientos diversos necesarios para la operatividad de una planta, se basará en la cantidad a producir y la cantidad de hora empleada para cumplir con la producción demandada de acuerdo a lo expresado por Cuatrecasas (2017).

## **2.10 Distribución de los equipos y su ubicación en la planta**

Para encontrar una distribución eficiente de las operaciones de los procesos, el autor Cuatrecasas (2017) menciona como los puestos de trabajos y máquinas se deberá reducir al mínimo los transportes entre ellas, a través de las trayectorias que las unen. El flujo de materiales, personas y movimientos de datos dentro de la fábrica es un factor esencial para el buen funcionamiento de la producción. Los movimientos de materiales y las caminatas, no agregan valor al producto, estos aumentan el costo de fabricación. Para reducir o minimizar este costo, la empresa debe:

- ✓ Maximizar el flujo directo es conseguir un flujo sin interrupciones, sin congestión, sin retrocesos.
- ✓ Minimizar el flujo de material es minimizar el número de movimientos entre dos puntos de uso. Los operarios deben concentrarse en su actividad y no perder tiempo en movimientos innecesarios.

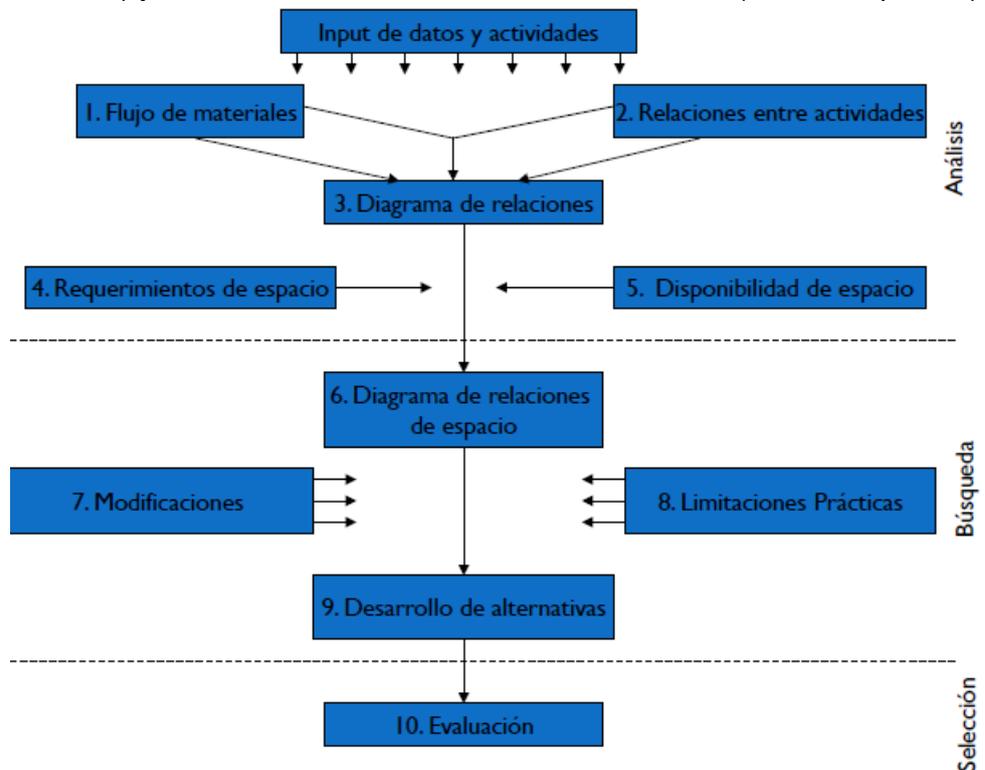
## **2.11 Metodología de diseño de planta**

Numerosas metodologías se han desarrollados para ayudar a planear las facilidades de las diferentes alternativas de diseño. Estos procedimientos pueden ser clasificados en dos grandes categorías: tipo de construcción y tipo de mejoras. La construcción del diseño es un método básico que involucra el desarrollo de un nuevo layout, desde cero. Los procedimientos

de mejora, genera alternativas de layout para buscar mejoras de un layout existente. Los conceptos de estos enfoques sirven hoy en día como fundamento de algunas metodologías.

### Metodología de Muther “Planteamiento sistemático de la distribución en planta”

Muther desarrolló una metodología de diseño llamada Planteamiento sistemático de la distribución en planta. El marco de referencia de SLP usa como fundamento las actividades que se presenta en la figura 2.5 descrito por los autores (Tompking, White & Tanchoco, 2010), quienes indican que la metodología inicia con los datos de entrada y comprensión de los roles y la relación entre las actividades. Se realiza un análisis flujo de material (from to chart) y un análisis de relaciones de las actividades (relationship chart).



**FIGURA 2.5 METODOLOGÍA SLP**  
(Fuente: Libro Facilities Planning)

Para (Tompking, et al. 2010) indican que para desarrollar la metodología SLP deberá ejecutarse las siguientes actividades:

- ✓ **Relaciones de actividad** puede especificarse de manera cuantitativa o cualitativa. La medida cuantitativa incluye cuantas piezas se mueven por hora, por día o en promedio semanal. La medida cualitativa puede variar desde una necesidad absoluta de que dos departamentos estén cerca el uno del otro. Las instalaciones que tienen grandes volúmenes de

material, información, personas entre departamentos deben ser ubicados con la medida cuantitativa. Lo contrario ocurre cuando el movimiento de materiales, información y personas entre departamentos son muy pocos, se aplica la medida cualitativa.

- ✓ **Medición cuantitativa del flujo (from to chart):** es la gráfica más usada. Es una matriz cuadrada pero rara vez simétrica. Esta falta de simetría es porque no existe una razón definida para el flujo desde la entrada de la materia prima hasta la salida del producto.
- ✓ **Medición cualitativa del flujo:** usado para determinar los valores de relación de cercanía de Murther. Un diagrama de relaciones se construye de la siguiente manera:
  - Enlistar todos los departamentos en la gráfica de relaciones y calcular el flujo total entre departamentos.
  - Realizar encuestas con las personas de cada departamento enlistado y sus responsables.
  - Definir un criterio de asignación de relación, detallar y recordar la razón de esa evaluación de criterios en la gráfica.
  - Establecer el valor de relación y la razón del valor entre los pares de departamentos. En la tabla 1 se observa un ejemplo de los valores para representar la cercanía.

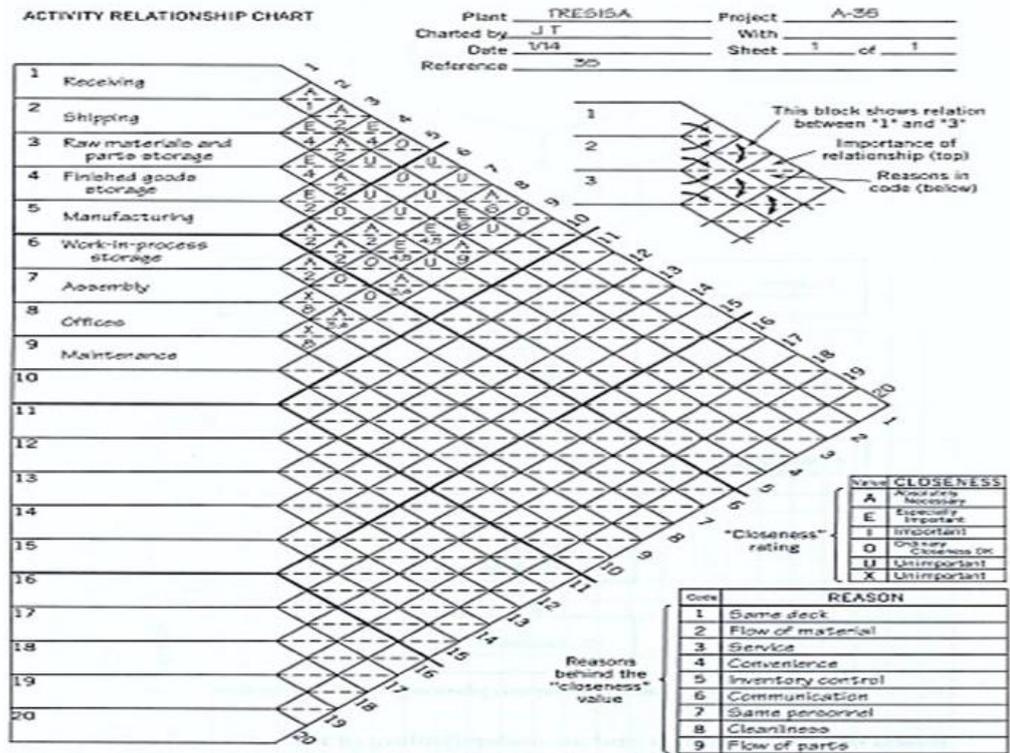
**TABLA 1**  
**VALORES DE LA RELACIÓN DE CERCANÍA**

Valor	Cercanía
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Cercanía ordinaria buena
U	Sin importancia
X	No deseable

(Fuente: Libro Facilities Planning)

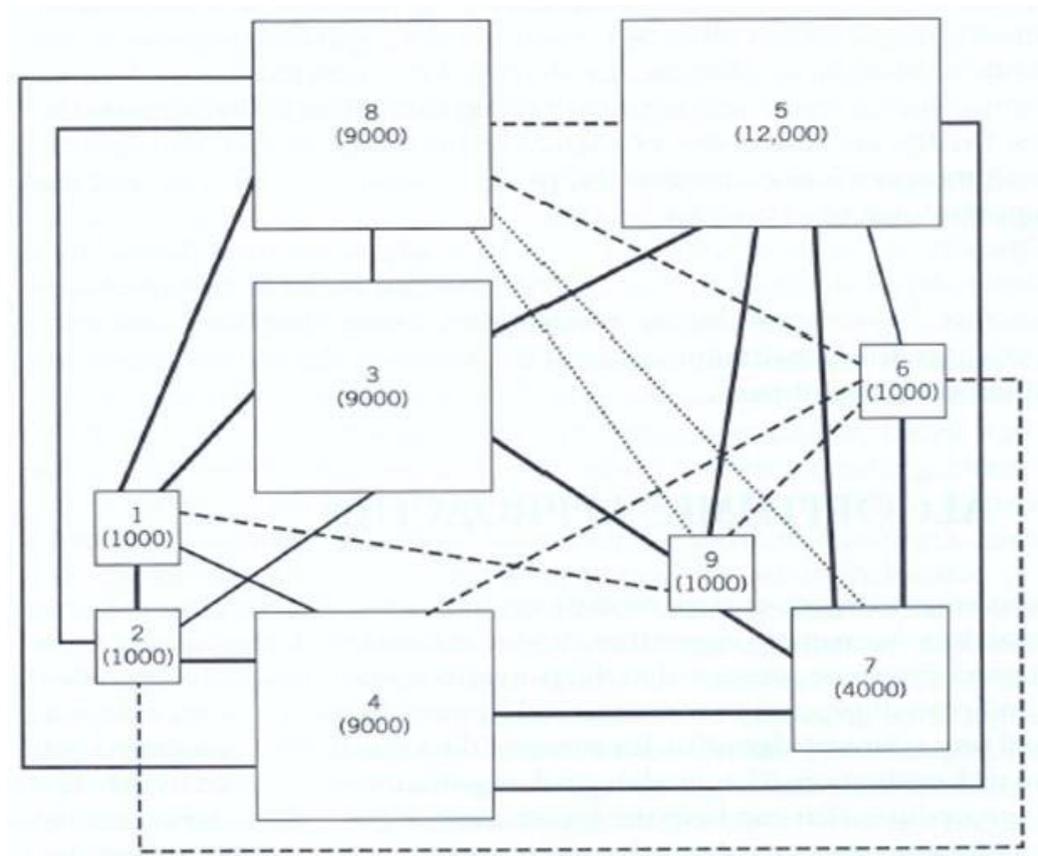
- Permitir que todos tengan aportaciones en el gráfico de relaciones y evaluar en conjunto la mejor alternativa.

El diagrama de relaciones posiciona las actividades espacialmente. Las cercanías se utilizan normalmente para reflejar la relación entre un par de actividades, tal como se observa en la figura 2.6. Sin embargo, un diagrama de relación es normalmente en dos dimensiones, ha habido instancia en el cual un diagrama tridimensional ha sido desarrollado cuando se construye varios pisos, mezzanines y/o espacios superiores.



**FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE RELACIONES DE ACTIVIDADES**  
 (Fuente: Libro Facilities Planning)

Los siguientes dos pasos determinan la cantidad de espacio para ser asignado a cada actividad. Una vez realizada la asignación del espacio, se desarrollan plantillas de espacio para cada departamento este se plasma en el diagrama de relaciones para obtener un diagrama de relaciones nodal, un ejemplo se puede analizar en la figura 2.7.



**FIGURA 2.7 DIAGRAMA NODAL**

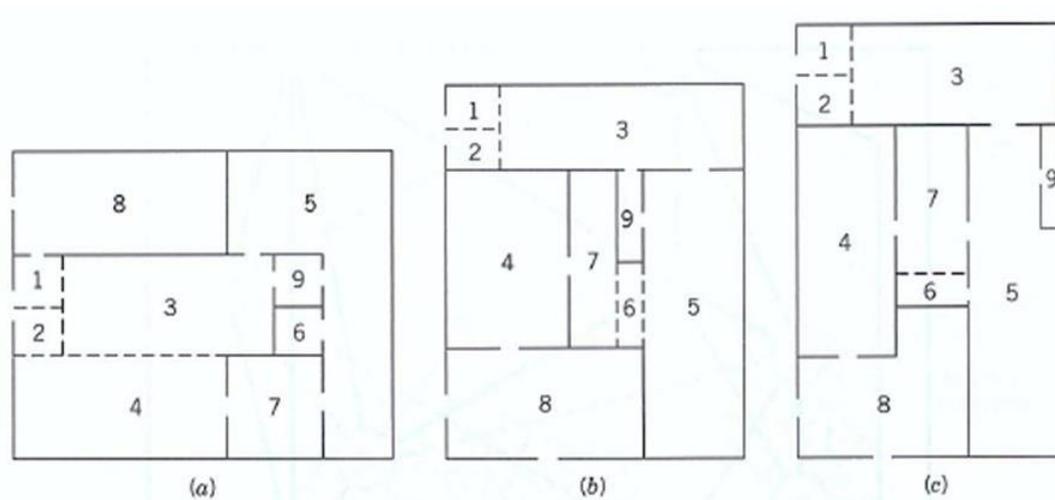
(Fuente: Libro Facilities Planning)

Cada nodo representa un departamento, las líneas representan las relaciones entre departamentos. El objetivo es arreglar los nodos de tal manera que crucemos el menor número de departamentos cuando vamos de un departamento a otro.

Pasos para la representación nodal:

- Seleccionar el departamento con el mayor flujo.
- Localizar alrededor de ese departamento, los departamentos que tienen relación
- Una vez que se terminen los departamentos que tienen relación 4, continúe con los de relación 3 luego 2 y 1.
- Haga el procedimiento hasta que todos los departamentos estén en el diagrama.

**Requerimiento de espacio:** Sobre la base de la modificación y, limitaciones prácticas se desarrollan y evalúan varias alternativas de diseños para luego elegir la mejor opción. En la figura 2.8 se muestran opciones de diseño para el espacio requerido a través del diagrama de bloque.



**FIGURA 2.8 ALTERNATIVAS DE BLOQUES DE DISEÑO**  
(Fuente: Libro Facilities Planning)

Si bien la metodología SLP es relativamente sencilla, no necesariamente se espera que no surjan dificultades en su aplicación. Esta metodología puede ser usada secuencialmente para desarrollar un primer bloque de diseño, luego unos detalles en el diseño para cada planeación de departamento. La última aplicación de relación entre máquinas, estaciones de trabajo, localización de almacenes, entrada y salida de los departamentos son usados para determinar la relativa localización de las actividades dentro de cada departamento.

Avanzando con la revisión literaria, se cita a una de las herramientas de Lean que se va aplicar en el desarrollo de este proyecto. Se hace referencia al concepto del mapa de flujo de valor para identificar las todas las acciones necesarias para diseñar, solicitar y fabricar un producto específico. Nos centramos en la explicación de Pascal Dennis para la elaboración del VSM.

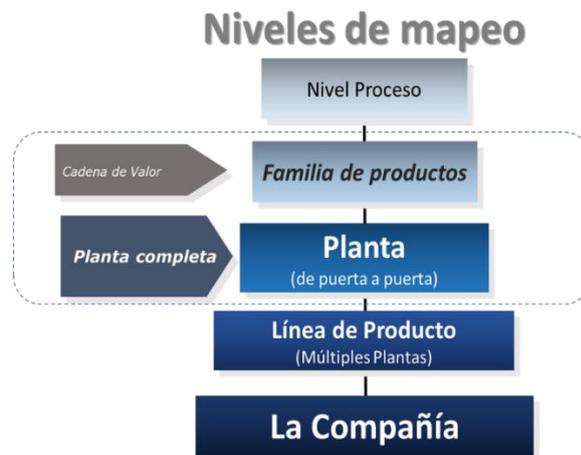
## 2.12 Mapeo del flujo de valor

Para Dennis (2015), el VSM es una herramienta invaluable que nos ayuda a comprender la condición actual e identificar las oportunidades de mejora para plantear un mapa futuro. El VSM es un idioma de símbolos como se muestra en la figura 2.9. que representa gráficamente los métodos de producción, los supermercados y cualquier otro punto de inventario, así como la distribución del flujo tanto de información como de materiales.



**FIGURA 2.9 SIMBOLOGÍA PARA REALIZAR VSM**  
(Fuente: Libro Lean Production Simplified)

El objetivo principal del VSM es identificar los puntos donde se detiene el flujo de material e información. Se inicia con el análisis del escenario actual para identificar los tipos de desperdicios de la manufactura que pueden existir en un proceso. Es muy importante identificar qué nivel se desea mapear. En la figura 2.10 se presenta los tipos de niveles que se debe analizar antes de realizar el mapeo.



**FIGURA 2.10 NIVELES A MAPEAR CON EL VSM**  
(Fuente: Libro Lean Production Simplified)

El procedimiento para elaborar el VSM de acuerdo al procedimiento de Dennis (2015) es:

1. Identificar información con hechos reales de los pedidos del cliente, logística de embarque, método de concentración del producto terminado para embarcar, método de surtimiento de los materiales hacia los procesos, programación de la producción en procesos anteriores y, lead time de los procesos.
2. Realizar caminatas en el proceso de inicio a fin para ubicar la cadena de valor completa.
3. Hacer un bosquejo del proceso con todo lo que se observó durante la caminata identificando los estancamientos del flujo de material e información. Es importante entender qué tipo de señales de producción existen, niveles de inventario, cómo se mueve el material en las diferentes etapas del proceso, el tiempo de espera de los materiales hasta transformarse en producto terminado.
4. Finalmente realizar una propuesta de un mapa con un flujo ideal de materiales e información. Para aquello se recomienda ejecutar sesiones de trabajo para tomar acciones que nos permitan eliminar los desperdicios.

El pensamiento del flujo del valor implica ver la combinación de procesos necesarios para llevar los productos o servicios al cliente, en lugar de procesar departamentos específicos.

## CAPÍTULO 3

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Evaluación financiera preliminar del proyecto

El proyecto nace como una necesidad de la empresa para reducir el costo de transformación de las estufas a través de la fabricación de la parrilla superior en la planta y con esto aumentar la participación en el mercado con el aumento de las ventas. En esta sección se realiza la evaluación financiera preliminar del proyecto debido a que se tienen dos opciones de diseño del proceso para la fabricación de los accesorios o dedos de la parrilla. Es necesario hacer esta evaluación financiera para ambos casos para definir el diseño final de la nueva área. Con el resultado obtenido del VAN y TIR se justificará la mejor opción a implementar.

#### **Supuestos del proyecto:**

##### **Inversión Inicial:**

Para la realización del análisis financiero del proyecto se revisan dos escenarios para la fabricar los accesorios o dedos de la parrilla: un escenario con alimentación manual de la varilla que implica usar equipos actuales y, otro escenario con alimentación automática de la varilla implica comprar equipos específicos para dicha actividad. En el anexo A se presentan los valores de los equipos para los dos escenarios. Adicionalmente, se incluyen la información de los equipos que se requieren para el formado del marco y el armado de la parrilla.

La inversión para ensamblar la parrilla y para formar los dedos con una alimentación manual de la varilla requiere un total de 198 mil dólares. Mientras que, el escenario para ensamblar la parrilla y formar los dedos con una alimentación automática de la varilla representa una inversión de 348.5 mil dólares. En ambos casos la depreciación de los equipos es lineal a 10 años y se estima que el porcentaje de venta luego de la vida útil sea del 50% con un valor de mercado de 99 mil dólares para los equipos con una alimentación manual y 174.2 mil para los equipos con una alimentación automática.

De acuerdo con las políticas de la empresa se considera la necesidad para el capital de trabajo un 20% del valor estimado de las ventas. Este rubro corresponde al costo de la materia prima y la mano de obra necesaria para el cumplimiento de la producción. En la tabla 2 se mencionan los supuestos del proyecto para ambos escenarios.

**TABLA 2  
SUPUESTOS DEL PROYECTO PARA AMBOS ESCENARIOS**

Supuestos	Escenario manual	Escenario automático
Equipos de producción	\$ 198,000	\$ 348,500
Valor de mercado equipos	\$ 99,000	\$ 174,250
% de venta de equipos fin vida útil	50%	
% Inflación	2.0% (demanda alta)	
% inflación + costos fijos	9.0% (demanda baja)	
Incremento anual de ventas	15% (demanda alta) 5% (demanda baja)	
Impuesto a la renta	25%	
% de Participación empleados	15%	
TMAR	20%	
Método de depreciación	Lineal	
Vida útil equipos	10 años	
Monto para adecuación del área	\$ 56,000	\$ 71,000
Capital de trabajo	\$ 22,080	\$ 18,400
Necesidad capital de trabajo neto	20%	

(Fuente: Departamento de ventas)

**Ventas:**

Se tienen los datos de las unidades vendidas en el año 2020 en los diferentes modelos de las estufas. El departamento de ventas estima que una demanda es alta si se tiene un 15% de incremento anual de las ventas en cada año. En cambio, si el incremento es solo del 5% se tendrá una demanda baja. Estos porcentajes se esperan al reducir el costo de fabricación de las estufas.

En la tabla 3 se presenta el pronóstico de las unidades vendidas si el incremento en venta es del 15%.

**TABLA 3  
PRONÓSTICO DE UNIDADES VENDIDAS POR AÑO (DEMANDA ALTA)**

	UNIDADES VENDIDAS POR AÑO (2021 - 2025)					
	2020	1	2	3	4	5
51CM	57,500	66,125	76,044	87,450	100,568	115,653
50CM	4,740	5,451	6,269	7,209	8,290	9,534
60CM	36,000	41,400	47,610	54,752	62,964	72,409
76CM	20,000	23,000	26,450	30,418	34,980	40,227
43CM	16,800	19,320	22,218	25,551	29,383	33,791

(Fuente: Departamento de ventas)

En la tabla 4 se presentan las unidades a vender si el incremento es del 5%.

**TABLA 4  
PRONÓSTICO DE UNIDADES VENDIDAS POR AÑO (DEMANDA BAJA)**

Tamaño de estufas	UNIDADES VENDIDAS POR AÑO (2021 - 2025)					
	2020	1	2	3	4	5
51CM	57,500	60,375	63,394	66,563	69,892	73,386
50CM	4,740	4,977	5,226	5,487	5,761	6,050
60CM	36,000	37,800	39,690	41,675	43,758	45,946
76CM	20,000	21,000	22,050	23,153	24,310	25,526
43CM	16,800	17,640	18,522	19,448	20,421	21,442

(Fuente: Departamento de ventas)

Los precios de venta se mantendrán fijos durante los cinco años del proyecto.

**Costos y gastos:**

Los costos de producción tendrán un incremento anual por efecto de la tasa de inflación del 2%. Sin embargo, dependerá mucho de la demanda. Es decir, si el pronóstico de la demanda es alta el costo de producción será afectado solo por la inflación. Pero si la demanda es baja el costo de producción estará afectado por la inflación más los costos fijos ya que no podrán ser absorbidos por las unidades que se vendan en el año. Esto representaría un incremento del 9% en el costo de producción bajo el escenario de una demanda baja.

No se incurren en nuevos gastos de administración y marketing ya que están cubiertos con la operación actual.

De acuerdo con la legislación ecuatoriana se considera para la elaboración del flujo de caja el 25% de impuesto a la renta y el 15% de participación a trabajadores.

**Rendimiento requerido:**

Los inversionistas esperan una tasa mínima aceptable de rendimiento del 20% para poder aprobar la inversión en el proyecto.

En las siguientes tablas se presentan los flujos de caja proyectado a 5 años considerando los supuestos mencionados en la tabla 2.

**TABLA 5  
FLUJO DE CAJA PARA UNA DEMANATA ALTA Y PROCESO CORTE  
MANUAL**

Concepto	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos por Ventas</b>		<b>19,976,961</b>	<b>22,973,505</b>	<b>26,419,530</b>	<b>30,382,460</b>	<b>34,939,829</b>
51CM		6,248,813	7,186,134	8,264,055	9,503,663	10,929,212
50CM		370,668	426,268	490,208	563,740	648,301
60CM		7,017,300	8,069,895	9,280,379	10,672,436	12,273,302
76CM		5,393,500	6,202,525	7,132,904	8,202,839	9,433,265
43CM		946,680	1,088,682	1,251,984	1,439,782	1,655,749
<b>(-) costos de ventas</b>		<b>16,945,023</b>	<b>19,876,512</b>	<b>23,315,149</b>	<b>27,348,669</b>	<b>32,079,989</b>
51CM		5,473,828	6,420,800	7,531,598	8,834,564	10,362,944
50CM		311,743	365,674	428,936	503,142	590,185
60CM		5,540,562	6,499,079	7,623,420	8,942,272	10,489,285
76CM		4,513,980	5,294,899	6,210,916	7,285,404	8,545,779
43CM		1,104,911	1,296,060	1,520,279	1,783,287	2,091,796
Depreciación		19,800	19,800	19,800	19,800	19,800
<b>(=) Utilidad Bruta</b>		<b>3,031,938</b>	<b>3,096,993</b>	<b>3,104,382</b>	<b>3,033,791</b>	<b>2,859,840</b>
(-) Gastos Operacionales		-	-	-	-	-
Gastos Adm. Y Mark.		-	-	-	-	-
<b>(=) Utilidad Operativa</b>		<b>3,031,938</b>	<b>3,096,993</b>	<b>3,104,382</b>	<b>3,033,791</b>	<b>2,859,840</b>
(+) Gastos no operacionales						\$ -
Pérdida por venta equipo						\$ -
<b>(=) Utilidad antes impuestos y</b>		<b>3,031,938</b>	<b>3,096,993</b>	<b>3,104,382</b>	<b>3,033,791</b>	<b>2,859,840</b>
(-) % de Participación		454,791	464,549	465,657	455,069	428,976
<b>(=) Utilidad antes</b>		<b>2,577,147</b>	<b>2,632,444</b>	<b>2,638,724</b>	<b>2,578,722</b>	<b>2,430,864</b>
(-) Impuesto a la renta		757,984	774,248	776,095	758,448	714,960
<b>(=) Utilidad Neta</b>		<b>1,819,163</b>	<b>1,858,196</b>	<b>1,862,629</b>	<b>1,820,274</b>	<b>1,715,904</b>
(+) Depreciación		19,800	19,800	19,800	19,800	19,800
(+) Pérdida por venta equipo						-
(-) Compra equipos	198,000					
(-) Adecuaciones del áre	56,000					
(-) Capital trabajo	22,080	4,572,620.92	689,205	792,586	911,474	
(+) Venta activo fijo						99,000
(+) Recuperación capital trabajo						6,987,966
<b>(=) Flujo de caja</b>	<b>(276,080)</b>	<b>(2,733,658)</b>	<b>1,188,790</b>	<b>1,089,843</b>	<b>928,601</b>	<b>8,822,670</b>

(Fuente: Elaboración propia)

**TABLA 6  
FLUJO DE CAJA PARA UNA DEMANDA ALTA Y PROCESO CORTE  
AUTOMÁTICO**

Concepto	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos por Ventas</b>		<b>19,976,961</b>	<b>22,973,505</b>	<b>26,419,530</b>	<b>30,382,460</b>	<b>34,939,829</b>
51CM		6,248,813	7,186,134	8,264,055	9,503,663	10,929,212
50CM		370,668	426,268	490,208	563,740	648,301
60CM		7,017,300	8,069,895	9,280,379	10,672,436	12,273,302
76CM		5,393,500	6,202,525	7,132,904	8,202,839	9,433,265
43CM		946,680	1,088,682	1,251,984	1,439,782	1,655,749
<b>(-) costos de ventas</b>		<b>16,945,023</b>	<b>19,876,512</b>	<b>23,315,149</b>	<b>27,348,669</b>	<b>32,079,989</b>
51CM		5,473,828	6,420,800	7,531,598	8,834,564	10,362,944
50CM		311,743	365,674	428,936	503,142	590,185
60CM		5,540,562	6,499,079	7,623,420	8,942,272	10,489,285
76CM		4,513,980	5,294,899	6,210,916	7,285,404	8,545,779
43CM		1,104,911	1,296,060	1,520,279	1,783,287	2,091,796
Depreciación		34,850	34,850	34,850	34,850	34,850
<b>(=) Utilidad Bruta</b>		<b>3,031,938</b>	<b>3,096,993</b>	<b>3,104,382</b>	<b>3,033,791</b>	<b>2,859,840</b>
(-) Gastos Operacionales		-	-	-	-	-
Gastos Adm. Y Mark.		-	-	-	-	-
<b>(=) Utilidad Operativa</b>		<b>3,031,938</b>	<b>3,096,993</b>	<b>3,104,382</b>	<b>3,033,791</b>	<b>2,859,840</b>
(+) Gastos no operacionales						\$ -
Pérdida por venta equipo						\$ -
<b>(=) Utilidad antes impuestos y participacion de trabajadores</b>		<b>3,031,938</b>	<b>3,096,993</b>	<b>3,104,382</b>	<b>3,033,791</b>	<b>2,859,840</b>
(-) % de Participación empleados		454,791	464,549	465,657	455,069	428,976
<b>(=) Utilidad antes impuestos</b>		<b>2,577,147</b>	<b>2,632,444</b>	<b>2,638,724</b>	<b>2,578,722</b>	<b>2,430,864</b>
(-) Impuesto a la renta		757,984	774,248	776,095	758,448	714,960
<b>(=) Utilidad Neta</b>		<b>1,819,163</b>	<b>1,858,196</b>	<b>1,862,629</b>	<b>1,820,274</b>	<b>1,715,904</b>
(+) Depreciación		34,850	34,850	34,850	34,850	34,850
(+) Pérdida por venta equipo						-
(-) Compra equipos	348,500					
(-) Adecuaciones del área y equip.	71,000					
(-) Capital trabajo	18,400	4,576,300.92	689,205	792,586	911,474	
(+) Venta activo fijo						174,250
(+) Recuperación capital trabajo						6,987,966
<b>(=) Flujo de caja</b>	<b>(437,900)</b>	<b>(2,722,288)</b>	<b>1,203,840</b>	<b>1,104,893</b>	<b>943,651</b>	<b>8,912,970</b>

(Fuente: Departamento de ventas)

**TABLA 7**  
**FLUJO DE CAJA PARA UNA DEMANDA BAJA Y PROCESO CORTE MANUAL**

Concepto	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos por Ventas</b>		<b>18,239,834</b>	<b>19,151,825</b>	<b>20,109,416</b>	<b>21,114,887</b>	<b>22,170,632</b>
51CM		5,705,438	5,990,709	6,290,245	6,604,757	6,934,995
50CM		338,436	355,358	373,126	391,782	411,371
60CM		6,407,100	6,727,455	7,063,828	7,417,019	7,787,870
76CM		4,924,500	5,170,725	5,429,261	5,700,724	5,985,761
43CM		864,360	907,578	952,957	1,000,605	1,050,635
<b>(-) costos de ventas</b>		<b>15,471,543</b>	<b>17,707,181</b>	<b>20,265,868</b>	<b>23,194,286</b>	<b>26,545,861</b>
51CM		4,997,843	5,720,031	6,546,575	7,492,555	8,575,230
50CM		284,635	325,764	372,837	426,712	488,372
60CM		5,058,774	5,789,767	6,626,388	7,583,901	8,679,775
76CM		4,121,460	4,717,011	5,398,619	6,178,720	7,071,544
43CM		1,008,832	1,154,608	1,321,449	1,512,398	1,730,939
Depreciación		19,800	19,800	19,800	19,800	19,800
<b>(=) Utilidad Bruta</b>		<b>2,768,291</b>	<b>1,444,645</b>	<b>(156,452)</b>	<b>(2,079,399)</b>	<b>(4,375,229)</b>
(-) Gastos Operacionales		-	-	-	-	-
Gastos Adm. Y Mark.		-	-	-	-	-
<b>(=) Utilidad Operativa</b>		<b>2,768,291</b>	<b>1,444,645</b>	<b>(156,452)</b>	<b>(2,079,399)</b>	<b>(4,375,229)</b>
(+) Gastos no operacionales						\$ -
Pérdida por venta equipo						\$ -
<b>(=) Utilidad antes impuestos y</b>		<b>2,768,291</b>	<b>1,444,645</b>	<b>(156,452)</b>	<b>(2,079,399)</b>	<b>(4,375,229)</b>
(-) % de Participación empleados		415,244	216,697	(23,468)	(311,910)	(656,284)
<b>(=) Utilidad antes impuestos</b>		<b>2,353,047</b>	<b>1,227,948</b>	<b>(132,984)</b>	<b>(1,767,489)</b>	<b>(3,718,945)</b>
(-) Impuesto a la renta		692,073	361,161	(39,113)	(519,850)	(1,093,807)
<b>(=) Utilidad Neta</b>		<b>1,660,974</b>	<b>866,787</b>	<b>(93,871)</b>	<b>(1,247,639)</b>	<b>(2,625,137)</b>
(+) Depreciación		19,800	19,800	19,800	19,800	19,800
(+) Pérdida por venta equipo						-
(-) Compra equipos	198,000					
(-) Adecuaciones de	56,000					
(-) Capital trabajo	22,080	(22,080.00)	-	-	-	
(+) Venta activo fijo						99,000
(+) Recuperación capital trabajo						-
<b>(=) Flujo de caja</b>	<b>(276,080)</b>	<b>1,702,854</b>	<b>886,587</b>	<b>(74,071)</b>	<b>(1,227,839)</b>	<b>(2,506,337)</b>

(Fuente: Departamento de ventas)

**TABLA 8**  
**FLUJO DE CAJA PARA UNA DEMANDA BAJA Y PROCESO CORTE**  
**AUTOMÁTICO**

Concepto	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos por Ventas</b>		<b>18,239,834</b>	<b>19,151,825</b>	<b>20,109,416</b>	<b>21,114,887</b>	<b>22,170,632</b>
51CM		5,705,438	5,990,709	6,290,245	6,604,757	6,934,995
50CM		338,436	355,358	373,126	391,782	411,371
60CM		6,407,100	6,727,455	7,063,828	7,417,019	7,787,870
76CM		4,924,500	5,170,725	5,429,261	5,700,724	5,985,761
43CM		864,360	907,578	952,957	1,000,605	1,050,635
<b>(-) costos de ventas</b>		<b>15,471,543</b>	<b>17,707,181</b>	<b>20,265,868</b>	<b>23,194,286</b>	<b>26,545,861</b>
51CM		4,997,843	5,720,031	6,546,575	7,492,555	8,575,230
50CM		284,635	325,764	372,837	426,712	488,372
60CM		5,058,774	5,789,767	6,626,388	7,583,901	8,679,775
76CM		4,121,460	4,717,011	5,398,619	6,178,720	7,071,544
43CM		1,008,832	1,154,608	1,321,449	1,512,398	1,730,939
Depreciación		34,850	34,850	34,850	34,850	34,850
<b>(=) Utilidad Bruta</b>		<b>2,768,291</b>	<b>1,444,645</b>	<b>(156,452)</b>	<b>(2,079,399)</b>	<b>(4,375,229)</b>
(-) Gastos Operacionales		-	-	-	-	-
Gastos Adm. Y Mark.		-	-	-	-	-
<b>(=) Utilidad Operativa</b>		<b>2,768,291</b>	<b>1,444,645</b>	<b>(156,452)</b>	<b>(2,079,399)</b>	<b>(4,375,229)</b>
(+) Gastos no operacionales						\$ -
Pérdida por venta equipo						\$ -
<b>(=) Utilidad antes impuestos y participación de trabajadores</b>		<b>2,768,291</b>	<b>1,444,645</b>	<b>(156,452)</b>	<b>(2,079,399)</b>	<b>(4,375,229)</b>
(-) % de Participación empleados		415,244	216,697	(23,468)	(311,910)	(656,284)
<b>(=) Utilidad antes impuestos</b>		<b>2,353,047</b>	<b>1,227,948</b>	<b>(132,984)</b>	<b>(1,767,489)</b>	<b>(3,718,945)</b>
(-) Impuesto a la renta		692,073	361,161	(39,113)	(519,850)	(1,093,807)
<b>(=) Utilidad Neta</b>		<b>1,660,974</b>	<b>866,787</b>	<b>(93,871)</b>	<b>(1,247,639)</b>	<b>(2,625,137)</b>
(+) Depreciación		34,850	34,850	34,850	34,850	34,850
(+) Pérdida por venta equipo						-
(-) Compra equipos	348,500					
(-) Adecuaciones del área y equip.	71,000					
(-) Capital trabajo	18,400	(18,400.00)	-	-	-	
(+) Venta activo fijo						174,250
(+) Recuperación capital trabajo						-
<b>(=) Flujo de caja</b>	<b>(437,900)</b>	<b>1,714,224</b>	<b>901,637</b>	<b>(59,021)</b>	<b>(1,212,789)</b>	<b>(2,416,037)</b>

(Fuente: Departamento de ventas)

En la tabla 9 se recopilan los valores obtenidos del VAN y TIR de los análisis de flujos de caja proyectados a 5 años para cada uno de los escenarios previo al desarrollo del proyecto.

**TABLA 9**  
**RESULTADOS DEL VAN Y TIR DE LOS FLUJOS DE CAJA DEL**  
**PROYECTO**

	DEMANDA ALTA		DEMANDA BAJA	
	FABRIC. MANUAL	FABRIC. AUTOMÁT	FABRIC. MANUAL	FABRIC. AUTOMÁT.
<b>VAN</b>	\$ 2,895,570.01	\$ 2,805,933.34	\$ 116,415	\$ 26,779
<b>TIR</b>	<b>52%</b>	<b>49%</b>	<b>17%</b>	<b>19%</b>

(Fuente: Elaboración propia)

Los resultados de la tabla 9 indican que, bajo los supuestos analizados los valores más alto de VAN y TIR se obtuvieron para una demanda alta y considerando la fabricación de los dedos de la parrilla con un proceso de corte manual.

### 3.2 Árbol de decisión

Luego del análisis financiero, se realiza una simulación de la planificación para fabricar los dedos de la parrilla en las prensas actuales. Considerando que existen dos opciones para fabricar los dedos: una opción es realizar una inversión de 198 mil dólares donde se considera que el corte de dedos sea con una alimentación manual de la varilla y esto requiere el uso de los equipos actuales. O, invertir 348.5 mil dólares para cortar los dedos de la parrilla con una alimentación automática de la varilla. La segunda opción independiza el proceso de fabricación de los dedos ya que no se comparten las prensas.

Para el análisis también se consideró el costo de las horas extra y el excedente del consumo energético de acuerdo a la planificación en el horario extendido que afecta directamente al costo de producción unitario. Debido a que existen varios escenarios, con diferentes probabilidades de ocurrencia y resultados financieros, usaremos la herramienta del árbol de decisión para identificar la mejor alternativa. Luego se desarrolla el proyecto seleccionando la mejor opción a través del árbol de decisión.

#### Consideraciones pre-eliminables:

El análisis para la toma de decisión se realiza en función de los valores del VAN obtenidos en el literal 3.1. Para el desarrollo del proyecto se considera las cifras presupuestadas que liberó el área de ventas. Con esta información, el equipo analiza si es suficiente las 8 horas de trabajo para el proceso de conformado de la parrilla.

Para el diseño del árbol se considera las siguientes acciones y eventos:

- Acciones principales: fabricar los dedos con un proceso alimentación manual o con un proceso de alimentación automática.
- Acciones secundarias: Ampliar capacidad, Mantener capacidad.
- Eventos de la naturaleza principales: Demanda alta, Demanda baja.

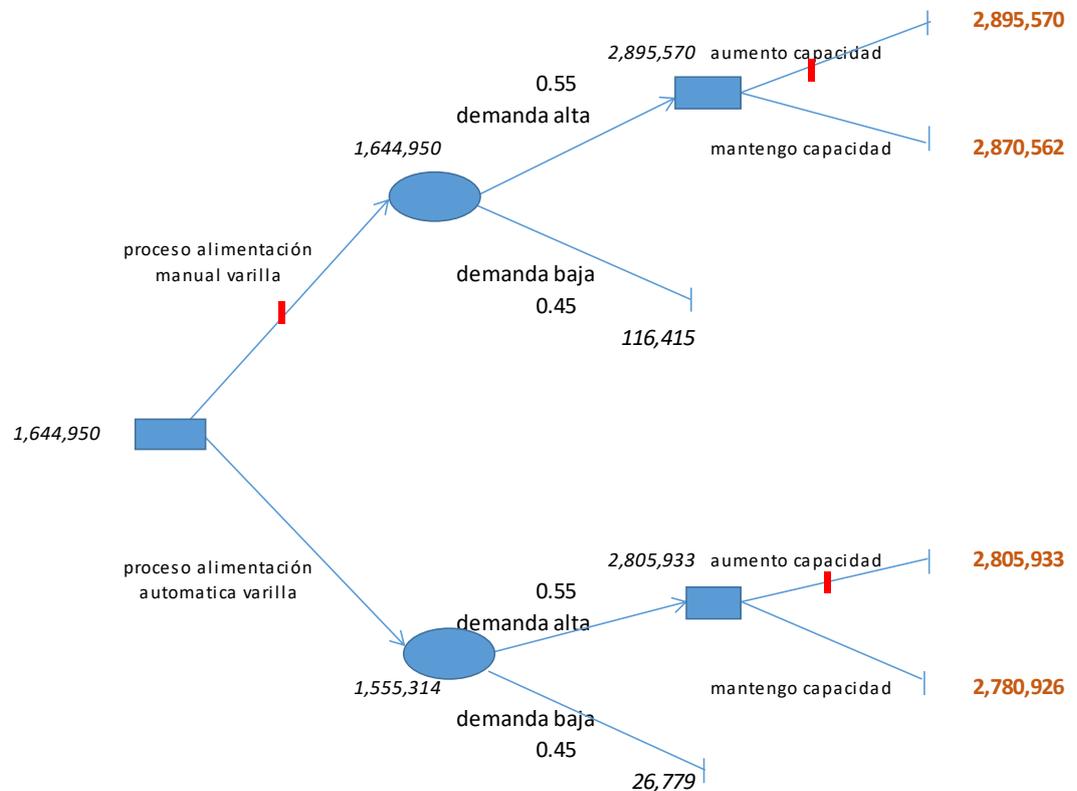
El equipo de ventas estima que la probabilidad de tener una demanda alta es del 55% y una demanda baja 45% con relación a las cifras actuales. Se considera una demanda alta, si el total de unidades pronosticadas para el siguiente año tiene un incremento al volumen del 15%. En cambio, se dice que una demanda es baja, si del total de unidades pronosticada para el año siguiente es solo un 5% de incremento al volumen. Esto considerando el total de unidades vendidas en el año 2020 cuyo volumen fue 135,020 estufas. En la tabla 10 se detallan las unidades para cada escenario de la demanda.

**TABLA 10**  
**PRONÓSTICO DE LA DEMANDA EN UNIDADES**

Volumen de demanda	En unidades	% increm. Vta.
Demanda alta	155,273	15%
Demanda baja	141,792	5%

(Fuente: Departamento de ventas)

En la figura 3.1 se muestra los detalles de las ramas del árbol de decisión usando los valores del VAN de la tabla 3.8.



**FIGURA 3.1 ÁRBOL DE DECISIÓN PARA FABRICAR LOS DEDOS DE LA PARRILLA**  
(Fuente: Elaboración Propia)

Para calcular el valor de los nodos de probabilidad, el pago esperado de este se calcula sumando los valores resultantes de multiplicar el VAN de la rama por su probabilidad. Una vez obtenidos estos valores, se llega al nodo de decisión, donde se selecciona el VAN mayor.

De acuerdo con el resultado del árbol de decisión y considerando las probabilidades de 0.55 demanda alta y 0.45 demanda baja, la mejor alternativa sigue siendo fabricar los dedos con una alimentación manual de la varilla y con esto se obtiene un VAN de \$1,644,950 como holgura financiera para los inversionistas.

Con este resultado, podemos confirmar que si es financieramente atractivo instalar una nueva área y para la fabricación de los dedos de la parrilla con un proceso de alimentación manual para el corte de la varilla.

### 3.3 Condicionantes del diseño

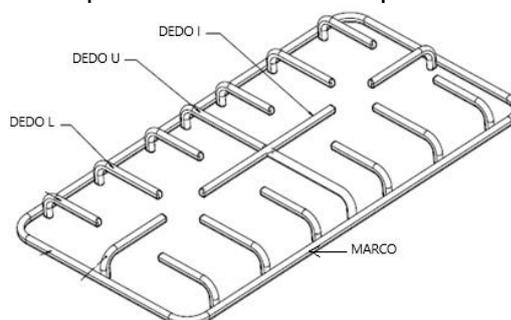
En esta sección nos referiremos de las tres condicionantes para el diseño de planta: diseño del producto, diseño del proceso y planificación. Esto es necesario para poder definir los requerimientos de la empresa y transformarlos en requerimientos técnicos, además de identificar posibles restricciones para el diseño.

#### 3.3.1 Diseño del producto

El producto a fabricar en la nueva área son parrillas superiores para estufas. Los diseños de estas parrillas muestran un producto más robusto comparados con las parrillas actuales. Los planos y sus especificaciones están claramente detallados para el uso en fabricación donde se llevará control del proceso durante la producción. Previamente, estos planos servirán para la construcción de los herramientas y equipos a utilizar para el conformado de los diferentes componentes de la parrilla en la nueva área.

La parrilla es una pieza rectangular de diferentes dimensiones para los diferentes tamaños de estufas. El diseño se muestra en la figura 3.2 y se mantiene para todos los tamaños de las estufas. El material a usar es una varilla de alambre cuyo diámetro es 9.3mm. La proveeduría del alambre será local. El proveedor del alambre estará conectado con la empresa a través de la plataforma digital para las entregas. Las varillas llegarán cortadas a las medidas requeridas para luego ser utilizada en el proceso de fabricación. El surtimiento de las varillas hacia la nueva área de fabricación será de acuerdo con la secuencia programada en el sistema. El proveedor debe tener almacenado un día de inventario de los diferentes códigos del alambre en el espacio que se le ha asignado en planta de acuerdo con el requerimiento diario de la planificación.

Los accesorios a planificar para fabricar una parrilla comprenden: 1 marco, 14 dedos L, 1 dedo U y 1 dedo I. La planificación de estos accesorios depende del volumen requerido.



**FIGURA 3.2 PARRILLA SUPERIOR PARA ESTUFAS**  
(Fuente: Departamento de Diseño)

Se toma como dato de entrada la proyección del volumen de producción dada por el departamento de planeación. En la tabla 11, se detalla la cantidad anual de las parrillas para los diferentes tamaños de estufas que se contempla fabricar en la nueva área. Con esta información se realiza el análisis del diseño del proceso en la nueva área de fabricación.

**TABLA 11**  
**CANTIDAD ANUAL DE PARRILLAS POR ESTUFAS**

Tamaño de estufa	60	76	43	50	51	Totales
Volumen anual estufas	36,000	20,000	16,800	4,740	57,500	135,020
# parrillas por estufa	2	3	2	2	2	
Cant. Anual parrillas	72,000	60,000	33,600	9,480	115,000	290,080

(Fuente: Departamento de manufactura)

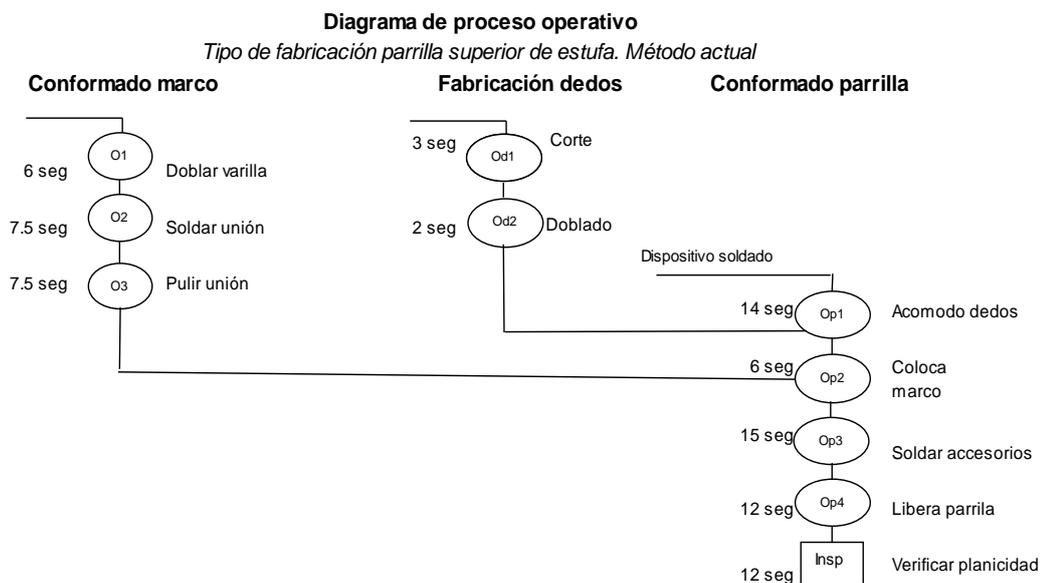
### 3.3.2 Diseño del proceso

Para los requerimientos del diseño del proceso, se realizó una visita en la planta del proveedor para levantar la información de los tiempos de operación de cada parte de la parrilla. Luego, estos tiempos se ingresaron en una hoja de cálculo para realizar la simulación del nuevo proceso de fabricación y analizar el porcentaje de utilización de las prensas.

Las consideraciones generales para la simulación del nuevo proceso de fabricación son:

- Tiempo disponible actualmente: 480 minutos (1er turno, 8 horas)
- El cálculo para utilización de los equipos será para 8 horas de trabajo. Esta es la capacidad actual de la planta.
- Producción diaria de parrilla: 1743 unidades
- La fabricación de los dedos será en las prensas actuales del área.
- Se considera el OEE actual del área de fabricación: 75%
- OEE para los nuevos equipos: 85%
- Los días disponibles para este análisis: 235

En la figura 3.3 se presenta el diagrama de flujo del proceso para el ensamble de la parrilla. Este diagrama nos permite identificar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, las demoras o tiempos de espera y los almacenamientos temporales. Además, facilita la comprensión del flujo del proceso de la nueva área.



**FIGURA 3.3 DIAGRAMA PROCESO OPERATIVO ENSAMBLE DE LA PARRILLA**

(Fuente: Departamento de manufactura)

En la tabla 12 se presenta el volumen anual a fabricar en la nueva área. La columna # partes es la cantidad de códigos creados para cada accesorio de la parrilla. Para este análisis se consideró 235 días disponibles para la fabricación del volumen proyectado en el día. El OEE del 85% aplica solo para los equipos nuevos.

**TABLA 12**  
**VOLUMEN ANUAL DE LOS ACCESORIOS PARA LA PARRILLA**

Accesorios	# partes	Unidades anuales	Unid. Anual con 20% incremento	Unidades diarias promedio	Unid. Anual con 20% increm + 85%OEE
Marco	5	290,080	348,096	1,743	409,525
Dedos L	8	4,061,120	4,873,344	24,397	5,733,346
Dedos I	2	290,080	348,096	1,743	409,525
Dedos U	4	290,080	348,096	1,743	409,525

(Fuente: Departamento de manufactura)

En la tabla 13 se detallan los tiempos ciclo teórico para el nuevo proceso, con base en la necesidad del volumen proyectado.

**Tabla 13**  
**TIEMPO CICLO PARA CADA ETAPA DEL PROCESO**

Procesos	Tiempo ciclo (seg)	Producción por hora
Doblado del marco	6	600
Soldado del marco	8	450
Pulido del marco	8	450

Acomodo dedos y marco	20	180
Soldado dedos y marco	15	240
Liberación parrilla	12	360

(Fuente: Departamento de manufactura)

En la tabla 14 se presentan los requerimientos para el nuevo proceso de producción. Aquí se detallan: el volumen diario a fabricar, tiempo requerido en cada etapa para producir 1,743 parrillas, cantidad de equipos, porcentaje de utilización de los nuevos equipos y la cantidad de operadores en cada etapa. Con este requerimiento se estima liberar un proceso estable y balanceado.

**TABLA 14  
REQUERIMIENTO EL PROCESO ENSAMBLE PARRILLA**

Procesos	volumen/dia	turnos	tiempo req. (min)	cant. Equipos	% saturación	# operadores
doblado marco	1,743	1	174	1	36%	2
soldado unión	1,743	1	232	1	48%	
pulido marco	1,743	1	232	1	48%	
colocar dedos y marco	1,743	1	929	-	65%	3
ens. soldado de parrilla	1,743	1	502	2	52%	2
liberación parr+soldado I	1,743	1	389	1	41%	2

(Fuente: Departamento de manufactura)

Una vez presentado los requerimientos iniciales del proceso para el formado del marco, se procede a realizar el cálculo del porcentaje de utilización de los equipos actuales del área de fabricación debido a que se adiciona la fabricación de los dedos.

### 3.3.3 Planificación

#### Tamaño de lote

De acuerdo a la información presentada en la tabla 15, el tamaño de lote a planificar en un día de producción en la nueva área será 1743 parrillas. Esto significa que el requerimiento de los dedos será: 24,402 dedos L; 1743 dedos I y dedos U. La cantidad de marcos será la misma que la cantidad de parrillas a fabricar.

**TABLA 15  
REQUERIMIENTO DE HORAS PARA EL CORTE Y DOBLADO DE DEDOS**

Procesos	Golpes por minutos (GPM)	Dedos por golpe	Dedos/hora	Cantidad Total	Horas requeridas
Corte de dedos	10	2	1,200	27,888	23.2

Doblado de dedos	8	5	2,400	24,576	10.3
------------------	---	---	-------	--------	------

(Fuente: Departamento de manufactura)

Los golpes por minutos (GPM), representa cuántas veces en un minuto la prensa hará un ciclo operativo. En la columna dedos por hora nos indica las unidades que se deben fabricar por hora para cumplir con el requerimiento diario (1,743 parrillas). Las 23.2 horas para el corte de dedos, será planificado en tres prensas en simultáneo para asegurar el cumplimiento del volumen. En el caso del proceso de doblado se destinaría una prensa, el tiempo planificado sería 10.3 horas de trabajo. Esto indica que para cumplir con la entrega de dicho volumen diario se requiere trabajar horas extras.

### Planificación de la producción

En la tabla 16 se presentan las características de las prensas donde se van a planificar la fabricación de los dedos, esto para no sub-utilizar equipos de mayor tonelaje.

**TABLA 16**  
**CARACTERÍSTICA DE LAS PRENSAS MECÁNICAS PARA FABRICAR LOS DEDOS**

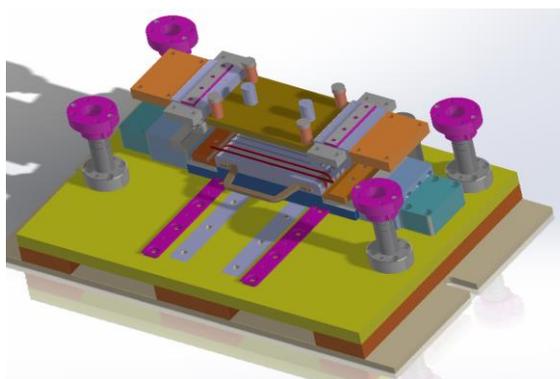
Prensas	GPM	Presión colisa (ton)	Distancia piso a la mesa trabajo
Arrasate 204	5.5	250	900
Arisa	6.5	250	920
Arrasate 205	6.5	175	900
Arrasate 206	6.5	250	890

(Fuente: Departamento de manufactura)

En las siguientes figuras 3.4 se observa el troquel para cortar los dedos puesto en una de las prensas de la planta y en la figura 3.5 el diseño del troquel para el doblado de la varilla respectivamente.



**FIGURA 3.4 TROQUEL PARA CORTE DE LA VARILLA**  
(Fuente: Departamento de manufactura)



**FIGURA 3.5 DISEÑO TROQUEL PARA DOBLADO DE LA VARILLA**  
(Fuente: Departamento de manufactura)

Para la simulación en la hoja electrónica se consideró: un turno de 8 horas, OEE 75% para las prensas actuales, el volumen de piezas actuales y el volumen de los dedos. Esto nos permite estimar la utilización de las prensas, al instalar la nueva línea de producción. Para aquello se redistribuyeron las piezas en las diferentes líneas de fabricación, y así liberar prensas para la fabricación los dedos. En la tabla 17 se presenta el resultado de esta simulación. Aquí podemos comparar la utilización de las prensas en los escenarios con y sin incremento del 20% del volumen.

**TABLA 17**  
**COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LAS PRENSAS**

Líneas fabricación	% Utilización sin 20% incremento volumen	% Utilización con 20% incremento volumen
L1	124%	156%
L2	100%	131%
L3	63%	97%
ARRASATE 204	121%	142%
L4	80%	96%
L5	108%	133%
L6	124%	138%
L7	104%	113%

(Fuente: Departamento de manufactura)

Dado los resultados de la tabla 17, se observa que los porcentajes de la columna *sin incremento* del 20% volumen indica que la mayoría de las líneas requieren 10 horas de trabajo aproximadamente para cumplir con la planificación diaria. En cambio, los porcentajes de la columna *con incremento* 20% volumen da como resultado jornadas de 12 horas de trabajo. Es importante realizar este análisis para entender el comportamiento de la capacidad de los equipos actuales con la incorporación de la fabricación de los dedos de la parrilla. Esto fue incluido en el análisis financiero presentado en la sección 3.1.

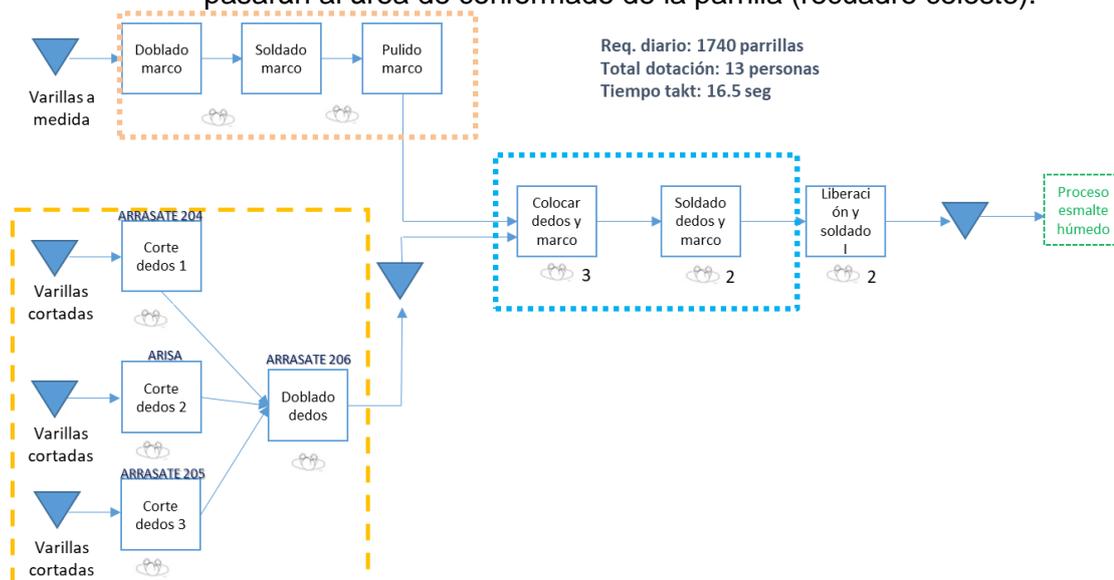
### 3.4 Metodología SLP

Los factores para el diseño de planta como flujo, relación de actividades y requerimiento de espacio son importantes para entender cómo se debe planificar el manejo de los materiales, el sistema de almacenamiento de inventarios, y que tipos de controles para la inspección de los materiales se tendrá en la nueva área de fabricación. Además de analizar el tamaño de lote, unidad de carga, estrategias y equipos para el manejo de materiales y flujo del proceso.

#### 3.4.1 Análisis del flujo

En la figura 3.6 se presenta el diagrama del proceso para fabricación

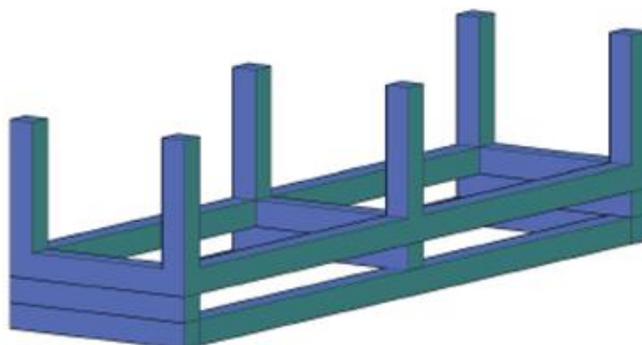
de la parrilla. Cada rectángulo representa una operación, con el número de personas descrito en la parte inferior. El diagrama muestra que el proceso inicia con el abastecimiento de las varillas (figura del triángulo). El suministro de las varillas será tanto para el formado del marco (recuadro rosa) y para la fabricación de los dedos (recuadro amarillo). Transformada las varillas en marco y dedos, pasarán al área de conformado de la parrilla (recuadro celeste).



**FIGURA 3.6 DIAGRAMA DE PROCESO FABRICACIÓN DE PARRILLA**  
(Fuente: Departamento de manufactura)

El cuadrado con líneas punteada de color verde es el proceso actual para dar el acabado a la parrilla. Este proceso no se verá afectado ya que actualmente da el acabado a las parrillas que llegan del proveedor externo. Toda movilización de las partes fabricadas será ejecutada por los operarios en carros adecuados para transportar tanto los marcos como los dedos hacia el conformado de la parrilla.

El abastecimiento de las varillas por parte del proveedor hasta las estaciones de doblado del marco y corte de dedos será con el diseño del pallet metálico que se presenta en la figura 3.7. La unidad de carga es 500 varillas, en unidades de empaque de 25. No se considera traspaleo del material. El pallet será colocado sobre una mesa para dejar una altura adecuada de trabajo para los operarios.



**Figura 3.7 DISEÑO DEL PALLET METÁLICO PARA ABASTECIMIENTO VARILLA**

(Fuente: Departamento de manufactura)

Dentro de la consideración del flujo se establece un espacio dentro de la planta para que el nuevo proveedor de la varilla de alambre tenga el stock necesario para la fabricación de la parrilla cumpliendo con las políticas actuales de inventario.

Ya definido el diagrama del proceso y previo a la instalación de los nuevos equipos, se realizarán pruebas simulando el nuevo proceso de fabricación para validar el planteamiento realizado. Es decir, se realizará la demarcación de los nuevos equipos en el área disponible y se simulará los diferentes flujos.

El flujo de los dedos será por lotes de producción hasta el proceso de conformado de la parrilla. El flujo del marco será directo en banda transportadora hasta el proceso de conformado de la parrilla. La secuencia para la ubicación de los nuevos equipos está considerada de tal manera que no exista retroceso en ninguna de las etapas.

El tamaño del lote para la fabricación de la parrilla está calculado en base al volumen proyectado, se estima una producción de 218 parrillas por hora para poder cumplir con la demanda estimada. Es decir, 1740 parrillas diarias en las 8 horas de trabajo.

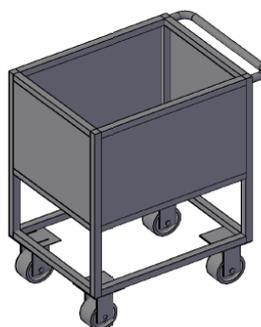
La unidad de carga estará limitada por la capacidad permitida en el carro diseñado para el manejo tanto de los marcos, dedos y parrilla. El diseño del carro para la parrilla terminada tendrá una capacidad máxima de 180 unidades. El peso de una parrilla es 1.25 kg en promedio. El traslado de las parrillas desde el área de fabricación hacia el área de granallado será en los carritos diseñado para este proceso, tal como se presenta en la figura 3.8. El peso promedio del carro lleno con las parrillas será 225 kg aproximadamente. En promedio se necesitará 10 carros para almacenar las parrillas.



**FIGURA 3.8 DISEÑO DEL CARRO PARA ALMACENAR PARRILLAS TERMINADAS**

(Fuente: Departamento de manufactura)

El traslado de los dedos fabricados desde las prensas hasta el área de conformado de la parrilla serán en contenedores cuya capacidad será de unos 3800 dedos en promedio. El peso aproximado será de 150 kg. El diseño propuesto del carro se presenta en la figura 3.9. El abastecimiento de los dedos será cada vez que se complete la capacidad del carro. Es decir, que un carro se tardará en llenar cerca de 3 horas.



**FIGURA 3.9 DISEÑO DEL CARRO PARA ALMACENAR DEDOS DE LA PARRILLA**

(Fuente: Departamento de manufactura)

### 3.4.2 Requerimiento de espacio

La planta cuenta con dos posibles zonas donde ubicar el nuevo proceso. Se revisaron estas alternativas dando una mayor importancia a la distancia que debe recorrer la parrilla hacia la siguiente operación, que es el granallado. Validando las distancias de estas dos áreas, se llegó a un consenso que la ubicación más viable del nuevo proceso es en la parte posterior de la línea 5 de fabricación. Este espacio tiene un área disponible de 108 m<sup>2</sup>. Ver la figura 3.10. En esta área se prevé colocar los equipos nuevos para fabricar las parrillas, ver anexo B y los carros con las parrillas

terminadas.

De acuerdo con el diagrama de proceso se tiene una sección para el formado del marco que comprende los siguientes equipos: una dobladora, una soldadora y una pulidora. Hay otra sección de espacio para el conformado de la parrilla donde se instalará una estructura metálica para la suspensión del dispositivo que se usará para la soldadura de la parrilla, una banda motorizada para el traslado y llenado del dispositivo con dedos y marco, seguido de dos soldadoras y por último una mesa para que el operario libere la parrilla terminada. Ver detalle en el anexo C.

La ubicación del área permite identificar claramente las entradas y salidas de los componentes para el proceso de conformado de la parrilla.

Existen áreas relacionadas al proceso de fabricación de la parrilla que actualmente se encuentran operativas y con una ubicación determinada. Estas áreas son: formado de los dedos, granallado, secador y horno y, por lo tanto, su ubicación se considera un parámetro fijo para nuestro análisis.

El espacio para almacenar las varillas cortadas no será ubicado junto al área del proceso. Para definir su ubicación se considera el recorrido hasta el punto de consumo en la línea de producción.



**FIGURA 3.10 ÁREA DISPONIBLE PARA EL NUEVO PROCESO**  
(Fuente: Departamento de manufactura)

Los equipos a instalar en la nueva área se los puede observar en los anexos B y C. En tabla 18 se presenta el espacio requerido para cada zona del nuevo proceso de fabricación.

**TABLA 18**  
**ESPACIO REQUERIDO PARA EL NUEVO PROCESO DE FABRICACIÓN**

Zonas	Largo (m)	Ancho (m)	Area requerida (m <sup>2</sup> )
Bodega varilla	5	5	25
Doblador a marco	2.06	1	2.06
Mesa para pallet	2	0.8	1.6
Carros para marco	1.2	0.7	1.68
Soldadora marco	1.2	1	1.2
Pulidora marco	1.1	1	1.1
Soldadoras parrilla	1.2	0.7	1.68
Banda armado	3.5	0.59	2.065
Carros para parrillas	1.2	0.7	8.4
Carros para dedos	0.5	0.8	1.6

(Fuente: Departamento de manufactura)

Dentro del alcance del proyecto se asigna un espacio para almacenar las varillas cortadas. Este inventario será controlado y administrado por el proveedor. Se considera un espacio de 25m<sup>2</sup> y no formará parte de la distribución en la nueva área.

En la nueva área se destina un espacio para el almacenamiento de los dedos y parrillas terminadas. Aquí se almacenarán dos carros con dedos terminados ocupando un área de 1.6m<sup>2</sup>. También se incluye un espacio de 8.4m<sup>2</sup> para ubicar diez carros con parrillas terminadas para surtir al proceso de granallado.

El control del inventario tanto de dedos y marco será mediante liberación de los tickets de producción. Se realizará un sistema de inventario FIFO. El control de información de las piezas fabricadas es mediante la recolección de los tickets y será ingresada en la base de datos en Excel para la planificación de la producción en área.

### **3.4.3 Análisis macro cualitativo**

Para concretar la cercanía entre las actividades de la nueva área con el resto de proceso se usa el Diagrama de relación de actividades. Este diagrama ayuda a evaluar de manera cualitativa, como debe ser la distribución de las etapas del proceso de fabricación de la parrilla con el resto de proceso productivos.

Los valores de cercanía se presentan en la tabla 19. Un valor de 3 significa que es absolutamente necesario que las actividades queden muy cerca ya que es la siguiente etapa del proceso de transformación. El valor 2 considera cuando es importante que las actividades queden cerca. En cambio, el valor 1 indica que una actividad no es tan necesaria que queden cerca. Finalmente, un valor de 0 representa que no se requiere que las actividades estén cerca ya que no tienen relación alguna en la actividad productivo. Para nuestra jerarquización de valores no se han definido relaciones negativas, es decir que no se desea una cercanía entre las áreas.

**TABLA 19**  
**NIVELES DE IMPORTANCIA PARA LA CERCANÍA DE LAS ACTIVIDADES**

<b>Nivel</b>	<b>Cercanía</b>	<b>Valor</b>
Alta	Absolutamente necesario	3
Media	Importante	2
Baja	Ordinariamente necesario	1
Innecesaria	Sin importancia	0

(Fuente: Equipo Industrial)

Considerando el valor para cada relación de cercanía entre las actividades, se obtiene como resultado la tabla 20. Aquí se puede determinar cuál será el proceso central sumando los valores de cercanía para cada actividad y de allí se selecciona aquella actividad con un mayor resultado. Este diagrama de relación de actividades nos permite entender como deber ser la distribución de las diferentes etapas del nuevo proceso de fabricación. Es importante considerar desde el abastecimiento de la materia prima hasta que se obtiene el producto terminado, es decir hasta que la parrilla se use en el área de ensamble. Para la evaluación de la importación de cercanía de las actividades, se reunió a todos los involucrados de las diferentes etapas del proceso productivo para que califiquen el nivel de importancia y la relación de cercanía.

**TABLA 20**  
**DIAGRAMA DE RELACIÓN DE LAS ACTIVIDADES**

From-To	Conformado parrilla	Formado marco	Fabricación dedos	bodega varilla	Granallado	Secador	Horno	TOTAL
Conformado parrilla	-	3	3	1	3	0	0	10
Formado marco		-	1	3	0	0	0	4
Fabricación dedos			-	3	0	0	0	3
Bodega varilla				-	0	0	0	0
Granallado					-	3	1	4
Secador						-	3	3
Horno							-	0
								24

(Fuente: Equipo industrial)

Dado los resultados del diagrama de relación de actividad, se obtiene que el proceso central es el conformado de la parrilla. A partir de esta actividad se deben ubicar el resto de actividades basados en los valores de cercanía evaluados.

Utilizando el diagrama Nodal se representa el nivel de importancia de cercanía de las actividades del nuevo proceso con el resto de actividades de la cadena productiva. Se hace uso de líneas diferenciadas tal como se puede observar en la tabla 21. Esta grafica nos evidencia si existe un cruce de las actividades cuya relación de cercanía es alta.

**TABLA 21**  
**COLORES DE LÍNEA PARA DIBUJAR LA IMPORTANCIA DE CERCANÍA**

Tipo de importancia	Escala	Línea
Alta	3	
Media	2	
Baja	1	
Innecesaria	0	

(Fuente: Equipo industrial)

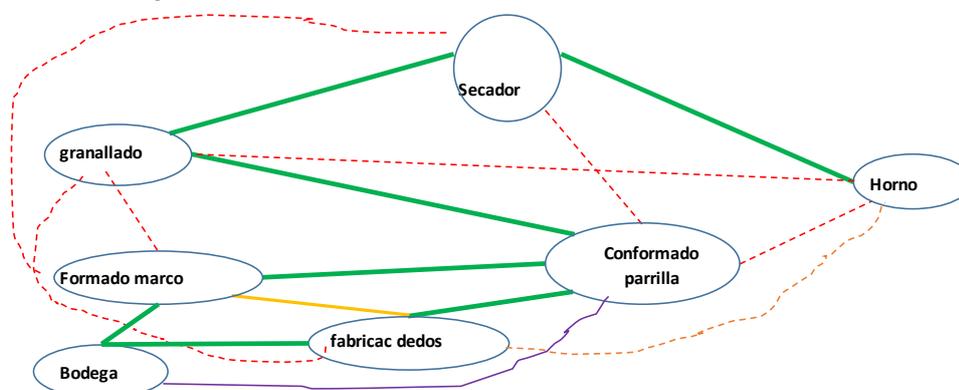
Los colores de la tabla 21 están denotados de la siguiente manera:

- Línea de color verde la usaremos para las actividades cuya

relación de cercanía es alta. Es decir, que es el siguiente paso dentro de la cadena productiva.

- Línea amarilla indica que la relación de actividad tiene un nivel de importancia medio. Es decir, las actividades no están directamente relacionadas, pero si guardan una mediana estrechez como control para el proceso posterior.
- Línea morada mostrará que la relación entre las actividades nos está totalmente ligadas pero que al final se puede afectar si no se controla previamente.
- Línea roja punteada revela que no existe relación alguna entre las actividades. Es decir, no depende la una de la otra.

Se procede a graficar el diagrama Nodal tal como se observa en la figura 3.11. Para aquello usaremos los valores de cercanía asignados en la tabla 19.



**FIGURA 3.11 DIAGRAMA NODAL PARA EL PROCESO FABRICACIÓN PARRILLA**  
(Fuente: Elaboración propia)

El diagrama Nodal nos muestra que las conexiones de tipo alta (línea verde) y media (línea amarilla) no presentan cruces de las actividades. Con el diagrama Nodal permite identificar una posible distribución entre las diferentes etapas de toda la cadena de productiva.

#### 3.4.4 Búsqueda y selección

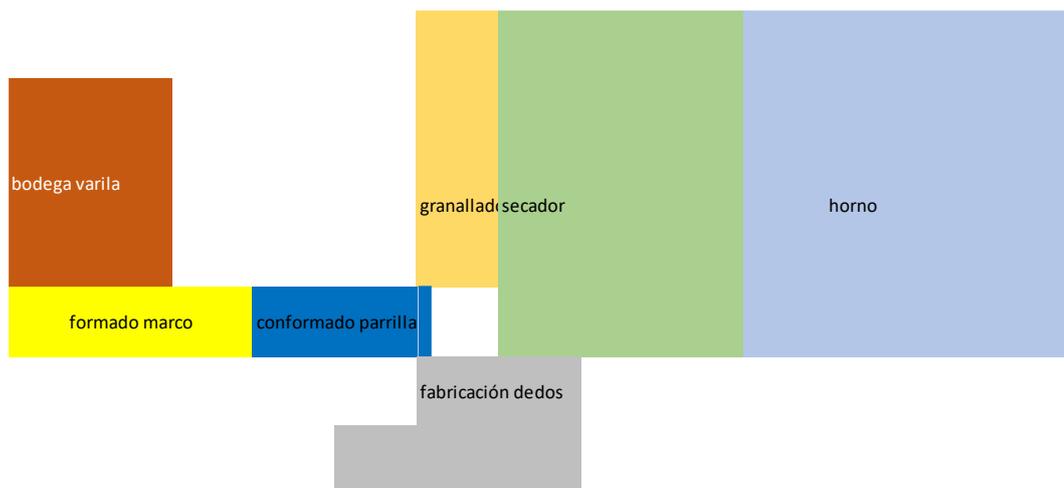
Considerando un tamaño de bloque de 4m<sup>2</sup>, en la tabla 22 presenta el número de bloques necesarios para representar el espacio requerido en cada etapa del proceso. Para facilitar la interpretación de los bloques se establecen colores para cada etapa del proceso productivo de la parrilla. Para la nueva área se incluyen los equipos, carros, bandas y mesas. Además, se considera 1.5m de espacio entre los equipos para las maniobras del personal operativo y de mantenimiento.

**TABLA 22**  
**CANTIDAD DE BLOQUES PARA CADA ETAPA DEL PROCESO**

Proceso	Área (m <sup>2</sup> )	Bloques	Color
Formado marco	12.14	3.0	Yellow
Conformado parrilla	9.75	2.4	Blue
Fabricación dedos	20	5.0	Grey
Bodega de varilla	25	6.3	Brown
Granallado	15	3.8	Orange
Secador	60	15.0	Light Green
Horno	75	18.8	Light Blue

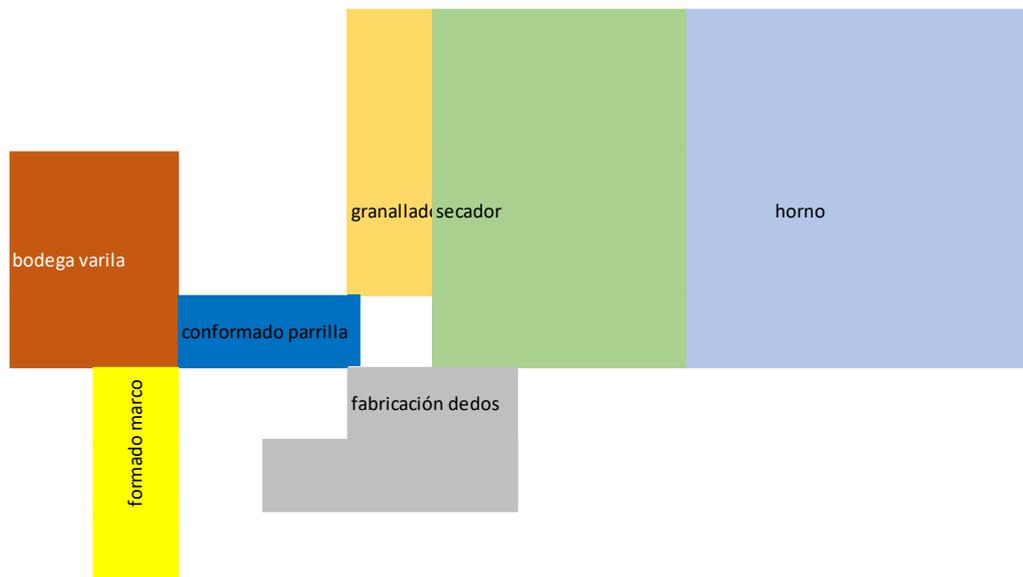
(Fuente: Elaboración propia)

La ubicación del granallado, secador y horno son fijas. Entonces mantienen la ubicación en las gráficas de alternativas. Tal como se observa en las figuras 3.12, 3.13 y 3.14. La bodega para las varillas está incluida en el diagrama de bloques ya que forma parte del flujo de material. Sin embargo, no tendrá ubicación en el espacio de la nueva área de fabricación.

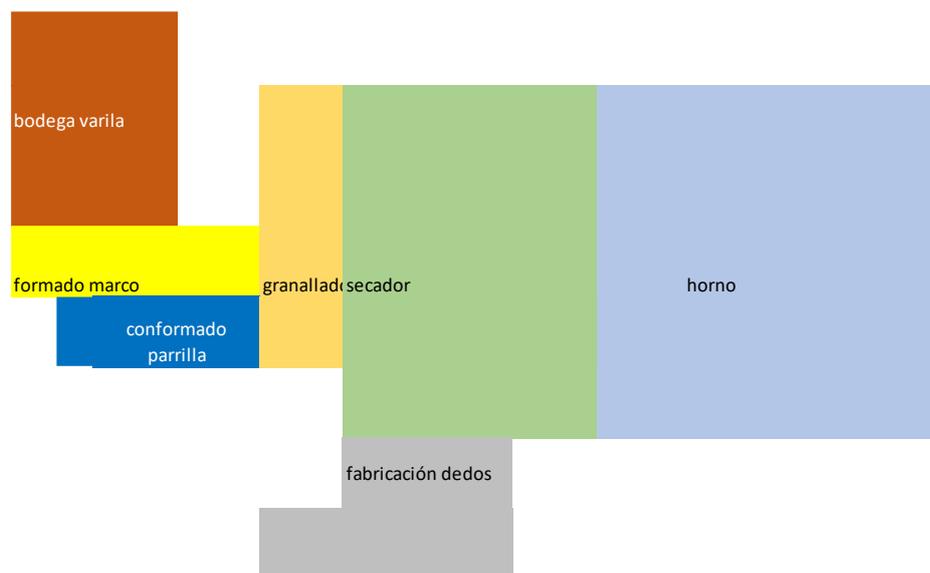


**FIGURA 3.12 ALTERNATIVA DE DISTRIBUCIÓN 1**

(Fuente: Elaboración propia)



**FIGURA 3.13 ALTERNATIVA DE DISTRIBUCIÓN 2**  
(Fuente: Elaboración propia)



**FIGURA 3.14 ALTERNATIVA DE DISTRIBUCIÓN 3**  
(Fuente: Elaboración propia)

Luego de realizar las diferentes alternativas de distribución se necesita seleccionar la mejor propuesta de diseño para el nuevo proceso.

### 3.4.5 Evaluación de las alternativas

Para la seleccionar la mejor propuesta de distribución, se emplea el método de evaluación "Efectividad del layout", asumiendo distancias

rectilíneas, se determina cuál de las alternativas muestra una menor distancia al multiplicar la distancia rectilínea entre áreas por el valor de la relación entre los mismos. Se considera que, si las áreas comparten un lado, entonces la distancia es cero.

**TABLA 23**  
**EFFECTIVIDAD DE LAYOUT ALTERNATIVA 1**

From-To	Conformado parrilla	Formado marco	Fabricación dedos	bodega varilla	Granallado	Secador	Horno	TOTAL
Conformado parrilla		0	0	1	0	0	0	1
Formado marco			3	0	0	0	0	3
Fabricación dedos				18	0	0	0	18
Bodega varilla					0	0	0	0
Granallado						0	3	3
Secador							0	0
Horno								0
								25

(Fuente: Elaboración propia)

**TABLA 24**  
**EFFECTIVIDAD DE LAYOUT ALTERNATIVA 2**

From-To	Conformado parrilla	Formado marco	Fabricación dedos	bodega varilla	Granallado	Secador	Horno	TOTAL
Conformado parrilla		3	3	0	3	0	0	9
Formado marco			2	0	0	0	0	2
Fabricación dedos				12	0	0	0	12
Bodega varilla					0	0	0	0
Granallado						0	4	4
Secador							0	0
Horno								0
								27

(Fuente: Elaboración propia)

**TABLA 25  
EFECTIVIDAD DE LAYOUT ALTERNATIVA 3**

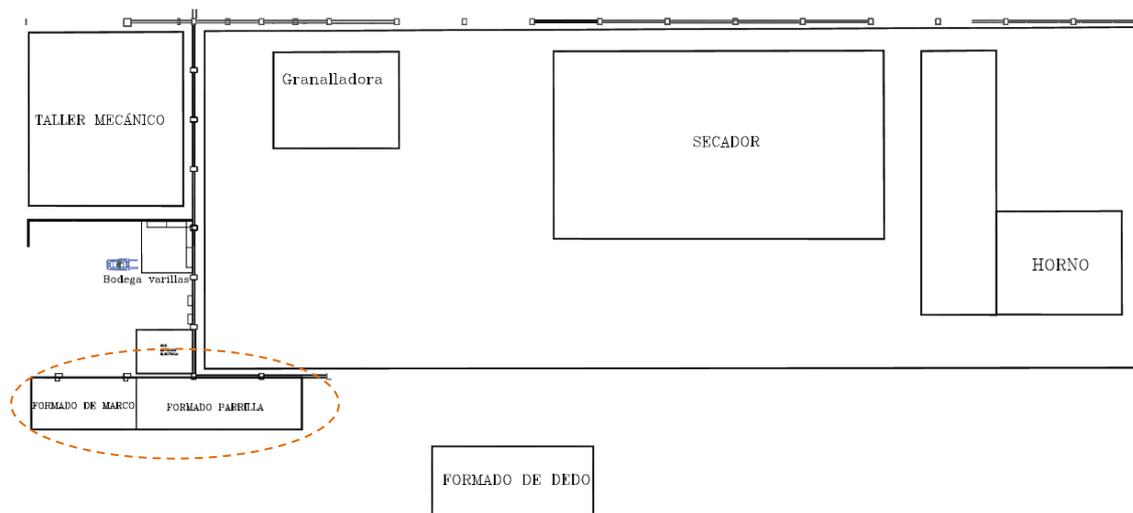
From-To	Conformado parrilla	Formado marco	Fabricación dedos	bodega varilla	Granallado	Secador	Horno	TOTAL
Conformado parrilla		0	12	2	0	0	0	14
Formado marco			5	0	0	0	0	5
Fabricación dedos				21	0	0	0	21
Bodega varilla					0	0	0	0
Granallado						0	4	4
Secador							0	0
Horno								0
								44

(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en las tablas 23, 24 y 25, de acuerdo con la evaluación de efectividad, la distribución más efectiva es la alternativa 1 ya que nos da la menor distancia ponderada entre las diferentes operaciones.

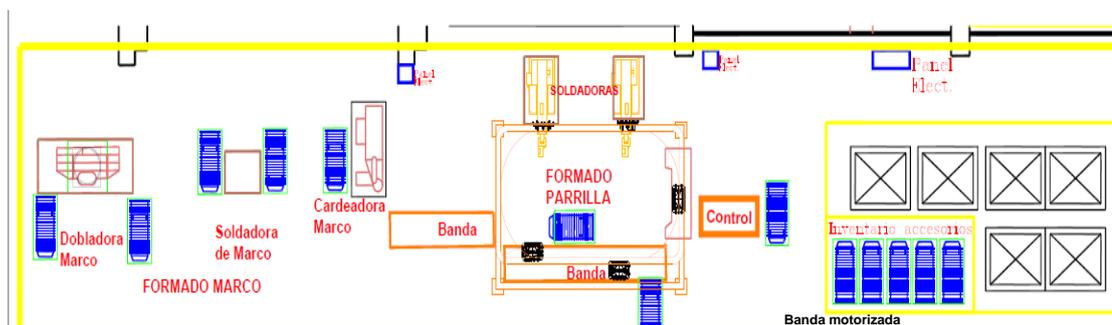
Con los resultados de la evaluación de efectividad, se selecciona la alternativa 1 ya que nos dio el menor valor, siendo la propuesta de diseño más factible para el nuevo proceso.

En la figura 3.15 se muestra la ubicación de la nueva área y es lo que está demarcado por el círculo. Como se ha mencionado anteriormente, existen ubicaciones fijas actuales para la fabricación de los dedos, proceso de granallado, secador y horno que no formaron parte del diseño de la nueva área de fabricación. En el anexo D se presenta el layout del área de fabricación y de la nueva área (color amarillo). Asimismo, se muestra la ubicación de la bodega de la varilla de alambre (color cian).



**FIGURA 3.15 UBICACIÓN DE LA NUEVA ÁREA DE FABRICACIÓN**  
(Fuente: Departamento manufactura)

En la figura 3.16 se presenta la ubicación de los equipos en la nueva área de fabricación y espacio para colocar los carros con accesorios y parrillas terminadas.



**FIGURA 3.16 DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA NUEVA ÁREA**  
(Fuente: Departamento manufactura)

### 3.5 Mapeo del flujo de valor

Usaremos esta herramienta de Lean para asegurar que con el ingreso de la fabricación de los dedos no se genere desperdicio en el proceso actual. El propósito es identificar si existen cuellos de botellas.

Para bosquejar el VSM actual haremos un análisis del flujo del proceso y materiales considerando desde el abastecimiento de la materia prima hasta la salida de la parrilla terminada en el área de acabados.

El equipo hará un recorrido por la planta, en las diferentes áreas y observarán donde se acumulen las piezas. Adicional debe recolectar los siguientes datos: lead time del proceso actual, OEE, número de partes que actualmente fabrica la línea, tipos de señales de surtimiento, tipo de

almacenamiento. Estos datos recopilarán la información de las prensas donde se fabricarán los dedos de la parrilla como se muestra en la tabla 26.

**TABLA 26**  
**DATOS RECOLECTADOS DE LAS PRENSAS ACTUALES**

		Fabricación dedos
#	DATOS	Línea 6
1	Turnos	1
2	No de operadores	4
4	Tiempo ciclo operación (Cada cuando sale una pieza seg)	10
5	Lead time Proceso LTP (Considerando las operaciones)	30
5	Lead time Total (Considerando el inv intermedio)	200
6	OEE proceso	75%
7	Eficiencia	75%
8	Disponibilidad	100%
9	Yield	100%
10	Scrap (unid)	0
11	Cant. De partes / Sku's	3
12	Cant. De cambios (promedio/TURNO)	1
13	Tiempo de cambio (promedio MIN)	10
14	Tamaño de lote por corrida	100
15	Tipo de señal "Produccion" (Electrónica, impresa, verbal)	IMPRESA
16	Tipo de surtimiento hacia el cliente "Jalar ó Empujar"	EMPUJAR
17	Tipo de Señal de surtimiento (Electronica, impresa, verbal)	IMPRESA
18	Tipos de Ruta de Surtimiento "acoplada ó desacoplada"	DESACOPLADA
19	Transporte de surtimiento (Montacargas, tugger, operador, etc)	OPERADOR
20	Tipo de almacenamiento (Inv Descontrolado, smkt, secuenciado)	SE
21	Inventario pz (piezas buenas + malas)	500
22	Inventario Tiempo	500.0
23	Inventario Monto	\$ 70

(Fuente: Equipo industrial)

La información recolectada nos ayuda a entender el flujo que actualmente tienen las prensas donde se fabricarán los dedos de la parrilla. Aquí podemos destacar que el lead time actual es 200 segundos y esto se debe por la acumulación del material entre las operaciones. Asimismo, se observa que el OEE de la línea es del 75%. También se recolectó cómo es la señal de producción siendo todo manual. Las órdenes de producción son impresas y se entregan a diario en cada prensa.

Con el tiempo ciclo recopilado en la tabla 26 se presenta una producción por hora en la línea 6 de 360 unidades. Se puede evidenciar que el tiempo

de la operación varía en cada una de las operaciones y esto se debe al tipo de actividad que realiza la prensa. Esto ocasiona que haya acumulación de material luego de la operación. La línea 6 trabaja actualmente un turno. Mientras que, la producción por hora en el área de acabados es 960 unidades por hora. Esta diferencia en la tasa de producción genera que el área de fabricación tenga inventarios controlados de las piezas para asegurar el flujo continuo del proceso en el área de acabados. El control de los inventarios se realiza de manera manual mediante la identificación de los carros con ticket de producción. Finalmente, los tickets de producción son registrados en la hoja de cálculo donde se controla el cumplimiento a la fabricación de piezas.

Se procede a graficar el VSM. El proceso inicia con el pedido del cliente. Estas unidades son capturadas en la plataforma informática y revisadas semanalmente por el área de control de producción y planeación del producto.

El área de control de producción semanalmente descarga del sistema las órdenes provisionales para una posterior secuenciación y liberación de los requerimientos. Luego de validar las restricciones de los materiales comprados, se realiza la secuenciación de las órdenes en el sistema de acuerdo con las prioridades de los pedidos. Finalmente se libera el plan maestro de producción de manera electrónica a todas las áreas.

Las áreas de producción revisan esta programación semanal y la ingresan en una hoja de cálculo para analizar la planificación diaria y pedir los recursos necesarios para cumplir con los pedidos. Una vez realizado el análisis de los requerimientos del volumen y mezcla, se emite de manera manual las órdenes de producción. Estas órdenes son impresas y son las señales que reciben los operarios para iniciar la producción.

El abastecimiento de la materia prima a la nueva área será de acuerdo con la planificación del día. El proveedor hará entregas diarias en montacargas tal como lo hace actualmente.

En el nuevo proceso de fabricación de parrilla, el abastecimiento de los dedos desde la prensa y formado de la parrilla se hará con tarjetas tipo kanban para la reposición de los carros. Se estima un día de inventario y se ubicará en el espacio en la nueva área. Esto servirá como señal visual para la reposición del inventario. Mientras que para el conformado de los marcos hacia el formado de la parrilla no se tendrá inventario en proceso. Este fluye de una pieza a la vez. En el anexo E, se presenta el mapeo del nuevo proceso hasta que la parrilla queda terminada para abastecer al área de ensamble. El resultado de este mapeo nos dio que el lead time del proceso queda en 5.6 días y el tiempo ciclo de total es 31 minutos. Con esto se demuestra que la secuencia planteada en la figura 3.16 mencionada en el literal anterior se obtiene una línea balanceada sin cuellos de botella, de esta manera se logra cumplir con el plan diario de

producción y se entrega los pedidos en la fecha que el cliente lo solicita. Es importante destacar que el VSM nos ayuda a entender que operaciones agregan valor al producto mientras se transforma en las diferentes etapas de la cadena de valor.

## CAPÍTULO 4

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

1. El análisis financiero nos ayudó a visualizar la mejor propuesta de inversión para el desarrollo del proyecto. Es decir, seleccionar un proceso con alimentación manual para el corte de los dedos de la parrilla. Resultado de esta evaluación se obtuvo un VAN positivo y una tasa interna de retorno del 52%. Esto demuestra que, bajo los supuestos analizados, se recuperará la inversión inicial \$276,080 y, los inversionistas ganarán 15% anual requerido. Además, la empresa contará con una holgura financiera \$ 2,895,570. Dado este valor, el equipo directivo tendrá una mayor certeza que el proyecto será un éxito aún con la fabricación de los dedos de manera manual.
2. Tanto el árbol de decisión como el análisis financiero muestran que fabricar los dedos con una alimentación manual es la mejor alternativa, siempre que la probabilidad de la demanda alta sea superior al 0.55. Esto permitió, al equipo directivo tomar una decisión más asertiva para el desarrollo del proyecto.
3. Las condicionantes para el diseño de planta: diseño del producto, diseño del proceso y planificación permiten determinar las necesidades principales para el bosquejo de la nueva área de fabricación.
4. Al realizar el diseño de una expansión de procesos se debe tomar en consideración los recursos actuales y tratar de aumentar su utilización, en lugar de invertir en nuevos equipos. Es importante también a la hora de la pensar en una expansión de área, como se aprovecha al máximo la utilización de los equipos.
5. Durante el desarrollo del proyecto, al aplicar la metodología SLP se pudo identificar la operación central del nuevo proceso mediante una evaluación cualitativa de cercanía entre las diferentes operaciones del proceso. Como resultado se identificó como operación central el conformado de la parrilla.
6. La evaluación de las alternativas de diseño nos ayudó a entender cuál es debe ser la distribución más efectiva para la nueva área.
7. El análisis ejecutado para el diseño de la nueva área de producción no compromete el master plan y expansiones futuras de la empresa.
8. El VSM realizado en la línea 6 nos permitió identificar los estancamientos del flujo del proceso, materiales e información actuales para luego ejecutar acciones que eliminen los cuellos de botella. Fue importante también realizar

el mapeo del proceso de la línea 6 para validar el cumplimiento de los estándares de trabajo que ejecutan los operarios. Además de conocer los indicadores de desempeño de los equipos actuales como el lead time del proceso, OEE, tipo de señales de surtimiento. Toda esta información nos permite entender si la línea 6 estaría afectada con el ingreso del nuevo proceso de fabricación de los dedos.

9. El VSM ayudó a entender como es el flujo de información para cumplir con las fechas de entrega de sus pedidos. Permitted conocer el tipo de señal de producción que existe. Y finalmente a identificar si todas las actividades que se realizan en la operación agregan valor a los productos.

#### **4.2 Recomendaciones**

1. En el caso de ingresar otro proyecto de fabricación a la planta, se recomienda aplicar cualquiera de las metodologías planteadas en este trabajo para asegurar la planificación, preparación y puesta en marcha del proceso.
2. En el análisis del árbol de decisiones, se observó que la diferencia de los valores esperados para la fabricación de los dedos con un proceso de corte manual vs un proceso de corte automático no fue tan considerable. Apenas se tuvo una diferencia de \$73,583. A pesar de este valor, el proyecto iniciará con un proceso de corte manual para los dedos de la parrilla, ocupando las prensas actuales y esto aumentará el porcentaje de utilización. Luego de todo el análisis desarrollado, se recomienda en un futuro independizar la fabricación de los dedos adquiriendo prensas nuevas y con esto se reduce el porcentaje de utilización de los equipos, el cual supera el 100% de utilización dentro de las 8 horas de trabajo.
3. El equipo directivo espera que, con la fabricación de la parrilla en la planta, el precio de transformación se reduzca para incrementar las ventas de estufas y solo así se podría justificar la compra de más prensas para independizar la fabricación de los dedos.

## BIBLIOGRAFÍA

Ross, S. Westerfield, R. y Jaffe, J. (2012). Finanza corporativa. México D. F.: Mc Graw Hill.

Cuatrecasas, L. (2017). Ingeniería de procesos y de planta. Barcelona, España: Profit Editorial I.

Hillier, F. y Lieberman, G. (2010). Introducción a la investigación de operaciones. México D. F.: Mc Graw Hill.

Krajewski, L. Ritzman, J. and Malhotra, M. (2008). Operations management: process and value chains. Estado de México: Prentice Hall.

Tompkins, J. White, J. Bozer Y. and Tanchoco J. (2010). Facilities Planning. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Dennis, P. (2015). Lean Production Simplified. Boca Raton. Canada: Taylor & Francis Group.

Aguilar, A.y Saéñz, C., (2017). Evaluación de la productividad actual y rediseño de la distribución de planta para su mejoramiento en la factoría correa Wan (tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú.

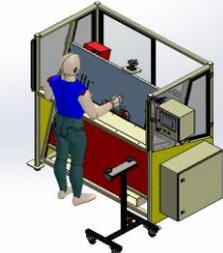
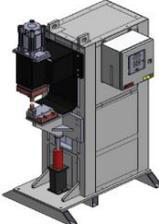
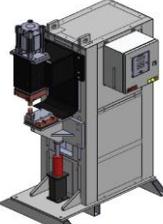
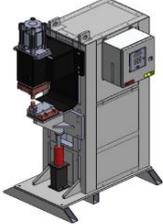
Mejía, J., y Paladines, L., (2018). Diseño de una planta procesadora de puré de banano (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

## **ANEXOS**

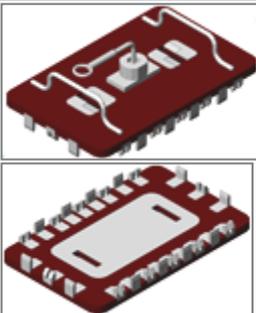
**ANEXO A**  
**DESGLOSE DE INVERSIÓN ACTIVOS FIJOS PARA EL**  
**PROYECTO (EN MILES DE DÓLARES)**

	Valores de los equipos proceso manual	Valores de los equipos proceso automático
<b>Inversión equipos</b>	<b>198.5</b>	<b>333.5</b>
Troqueles para formar los dedos de la parrilla	57.0	125.0
Enderezador	-	20.0
Debobinador	-	5.0
Alimentador	-	10.0
Movimiento & Instalación	-	35.0
Cardeadora	-	3.2
Dobladora	35.0	45.2
Tren Armado Parrilla	30.5	20.0
Soldadoras	16.0	40.1
Dispositivos de Soldado	30.0	15.0

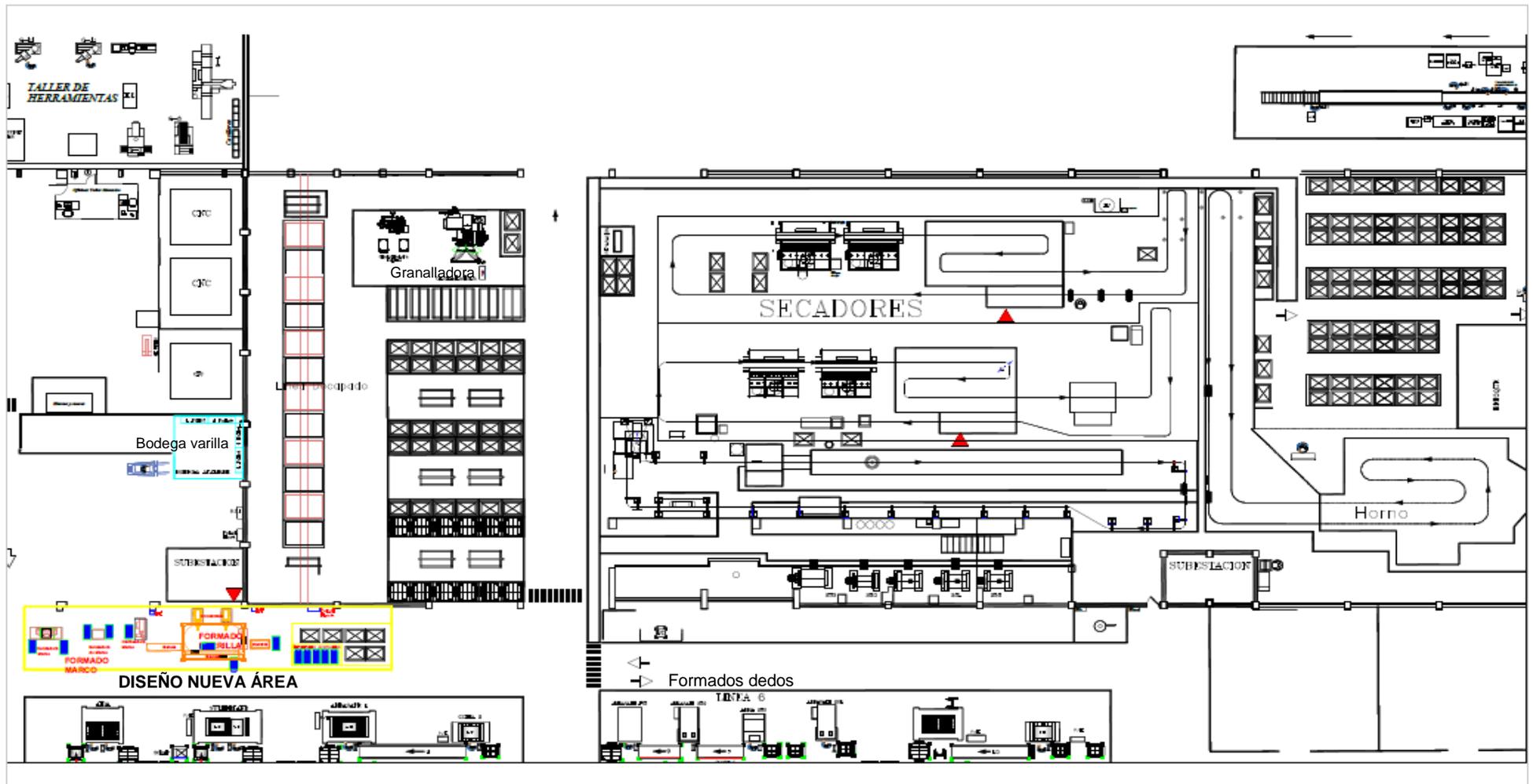
**ANEXO B**  
**NUEVOS ACTIVOS PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN**  
**DE PARRILLA**

DESCRIPCION	DISEÑO
<b>DOBLADORA DE MARCO.</b>	
<b>SOLDADORA DE MARCO.</b>	
<b>CARDEADORA</b>	
<b>SOLDADORA PUNTOS TRANSVERSALES Y CENTRO</b>	
<b>SOLDADORA MULTIPUNTO</b>	

## ANEXO C EQUIPAMIENTO PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARRILLA

DESCRIPCION	DISEÑO
<b>CARRUSEL</b>	<p>ESTRUCTURA DEL CARRUSEL PROCESO DE SOLDADURA DE PARRILLAS</p> <p>ESPECIFICACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TUBO CILINDRICO DE 100X100X3MM</li> <li>• TUBO EN L DE 30X30X3MM</li> <li>• BASE EN ANGULAR 30X30X30X3MM</li> <li>• PERNOS DE ANCLAJE A NIVEL DE PVC</li> </ul> 
<b>DISPOSITIVOS DE SOLDADO</b>	
<b>BANDA TRANSPORTADORA</b>	<p>BANDA TRANSPORTADORA PARA ARMADO DE PARRILLAS</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• BANDA PVC PEGADO VULCANIZADO</li> <li>• 2 BOTONES DE PARO DE EMERGENCIA</li> <li>• TEMPLORES DE LONA EN LA BANDA TRANSPORTADORA</li> </ul>

## ANEXO D LAYOUT DE LA PLANTA CON EL DISEÑO DE LA NUEVA ÁREA



## ANEXO E VSM DE LA CADENA DE VALOR NUEVO PROCESO FABRICACIÓN PARRILLA

