



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la

Producción

**“Incremento de productividad en el área de ensamble de
productos de línea blanca”**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

(Examen Complexivo)

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Presentado por:

Michelle Gregoria Pérez Benitez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por las bendiciones, salud, vida y sabiduría.

A mis padres que con su constancia y dedicación formaron valores y principios presentes a lo largo de mi educación, vida personal y profesional.

A mi abuelita Maria quien ya no está con nosotros en este mundo pero quien con su fortaleza de vida, entereza y fuerza dieron a nuestra familia los cimientos del verdadero valor de la vida.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MI ESPOSO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Tribunal Evaluador

Tribunal Evaluador

DRA. DENISE RODRIGUEZ Z.

DR. MARCOS BUESTAN B.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Michelle Gregoria Pérez Benitez

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolla en una empresa que fabrica y comercializa productos de línea blanca, con una amplia trayectoria en el mercado local e internacional, siendo el 80% de los productos fabricados para exportación a los mercados de América del Sur y Centro América y el 20% restante para el mercado local, teniendo en el presente una pequeña apertura para países como Angola y Nigeria, convirtiendo nuestro panorama cada vez más retador con el ingreso a nuevos mercados y la permanencia en los mercados actuales, cumpliendo las normativas con alta exigencia de los diferentes países y costos competitivos de productos del mercado Chino y Peruano, lo que nos exige mantener costos retadores que nos permitan tener precios acorde a las exigencias del consumidor y rentabilidad para la subsistencia del negocio. El proyecto se centra en los costos de transformación, teniendo como objetivo principal reducir el costo por unidad producida, disminuyendo la mano de obra existente en un 29% respecto a la actual, para lo cual se empleó la metodología Lean Manufacturing, basada en la eliminación de desperdicios, aplicación de trabajo estándar y balanceo de operaciones en el área de ensamble. Dentro de las herramientas de trabajo estándar se consideró los tres puntos básicos como Tiempo Takt / Tiempo ciclo, secuencia de trabajo y el inventario estándar en proceso. Los resultados obtenidos en este proyecto fueron: la reducción del número de

operarios en el área de ensamble de 190 a 119 personas, manteniendo la cuota de producción estimada diaria, lo que permitió una reducción total del 60% de los costos relacionados a la operación (MOD). Se puede concluir que con la aplicación de la metodología Lean Manufacturing, se logró una mejora considerable del proceso, elevando el 20% de valor agregado en las operaciones, estableciendo una secuencia y estándar en las mismas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1.....	2
1. ANTECEDENTES.....	2
1.1. RESEÑA.....	2
1.2. DEMANDA ANUAL Y PORTAFOLIO DE MODELOS.....	5
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	9
1.5. OBJETIVOS.....	10
CAPITULO 2.....	11
2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	11
2.1. IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS.....	11
2.2. TIEMPO CICLO.....	12
2.3. TIEMPO TAKT vs RITMO DE PRODUCCIÓN.....	16
2.4. PRINCIPALES INDICADORES DE GESTIÓN.....	18
CAPITULO 3.....	20
3. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.....	20
3.1. ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS.....	20
3.2. CÁLCULO DE MOD Y BALANCEO DE OPERACIONES.....	23
3.3. RESULTADOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	28
CAPITULO 4.....	30
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	I
ANEXOS.....	II

ABREVIATURAS

MOD	Mano de Obra Directa
MOI	Mano de Obra Indirecta
TT	Tiempo Takt
TC	Tiempo Ciclo
PH	Producción por hora
HH	Horas Hombre
TE	Tiempo Extra
USD	Dólares americanos
MPT	Mantenimiento Preventivo Total
PROD	Producción
HC	Headcount
SKU	Stocking Key Unit
EBITDA	Earnings before Interests, Taxes, Depreciations and Amortizations

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1. GRÁFICA DE TENDENCIA RELACIONADA A LA DEMANDA	6
Figure 2. SKU's POR PAÍS.....	7
Figure 3. DEMANDA EN UNIDADES PAÍSES MAS AFECTADOS POR AÑO	9
Figure 4. GRÁFICA TIEMPO CICLO DE OPERACIÓN PLATAFORMA 76CM	13
Figure 5. GRÁFICA DE TIEMPO CICLO DE SUB ENSAMBLES DE 76CM.....	14
Figure 6. GRÁFICA TIEMPO DE CICLOPOR PLATAFORMA.....	14
Figure 7. DESPERDICIOS DEL PROCESO.....	21
Figure 8. TIEMPO CICLO POR PLATAFORMA.....	22
Figure 9. GRÁFICA TIEMPO TAKT VS TIEMPO CICLO PLATAFORMA 51CM.....	25
Figure 10. GRÁFICA TIEMPO TAKT vs TIEMPO CICLO PLATAFORMA DE 55CM.....	26
Figure 11. GRÁFICA TIEMPO TAKT vs TIEMPO CICLO PLATAFORMA DE 60CM.....	26
Figure 12. GRÁFICA TIEMPO TAKT vs TIEMPO CICLO PLATAFORMA 61CM	27
Figure 13. GRÁFICA TIEMPO TAKT vs TIEMPO CICLO PLATAFORMA DE 76CM	27
Figure 14. TIEMPO CICLO TEÓRICO vs TIEMPO CICLO REAL.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Table 1. MACROPROCESO METALFUNNY	4
Table 2. DEMANDA ANUAL (MILES DE UNIDADES) PERIODO DE TRES AÑOS	6
Table 3. DEMANDA ANUAL POR PAÍS EN UNIDADES	8
Table 4. DOTACIÓN Y COSTOS DE MANO DE OBRA POR ÁREA.....	9
Table 5. COSTO DE HH ASOCIADO A LA PRODUCTIVIDAD POR PLATAFORMA.....	15
Table 6. DEMANDA POR PERIODO-TIEMPO NETO DE OPERACIÓN-T.TAKT GENERAL	17
Table 7. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN – HORAS MES REQUERIDAS ..	18
Table 8. INDICADORES DE ENSAMBLE	19
Table 9a. CÁLCULO DE TAKT TIME POR PLATAFORMA	22
Table 9b. CÁLCULO DE MANO DE OBRA POR PLATAFORMA.....	23
Table 10. MATRIZ SECUENCIAL DE OPERACIONES POR PLATAFORMA.....	24
Table 11. RESULTADOS COMPARATIVOS.....	29

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del siguiente proyecto abarca principalmente lo siguiente.

En el capítulo 1 se describe los antecedentes generales de la empresa, el proceso productivo, la demanda anual, el portafolio de modelos comercializados, los estándares de fabricación y costos de transformación asociados, las horas extraordinarias, la dotación actual en mano de obra directa y el planteamiento de objetivos.

En el capítulo 2 se realizará el análisis del problema identificando claramente los indicadores del negocio, los desperdicios de la manufactura, la medición de los tiempos de ciclo y la medición de los índices de productividad en las líneas de ensamble.

Con estos antecedentes, en el capítulo 3 se realizará la implementación de mejoras basadas en la aplicación de eliminación de desperdicios, trabajo estándar, balanceando operaciones reasignando tareas. Una vez implementada la mejora se realizará el comparativo de los indicadores del negocio para cuantificar los beneficios obtenidos.

Finalmente en el capítulo 4 se darán las respectivas conclusiones y recomendaciones de la mejora implementada que le permitirán al negocio alcanzar la productividad esperada y costos competitivos.

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1. RESEÑA

Metalfunny es una empresa fundada en el año de 1986, cuyo giro de negocio es la fabricación y comercialización de productos de línea blanca, consta de cuatro áreas de procesos: troquelado, accesorios, decorado y ensamble. La demanda tiene un comportamiento estable pero el crecimiento de nuevos competidores y costos de productos similares e inferiores a los del negocio nos exige eficiencia y productividad en los procesos productivos. Este proyecto está enfocado en el área de ensamble que está conformada por tres líneas de producción dedicadas al ensamble de cocinas como producto terminado.

Las tres líneas principales constituyen el 80% del producto ensamblado, la planificación de los pedidos mensuales está basada en los programas de embarque para exportación al mercado internacional y en las órdenes de venta colocadas para el mercado local, razón por la cual el cumplimiento de entrega de productos de

acuerdo a la demanda se convierte en un objetivo principal para la planta.

La familia de productos que se ensamblan en las tres líneas principales corresponde a las siguientes plataformas, 51cm, 55cm, 60cm, 61cm y 76cm. La distribución de productos se realiza de acuerdo a la demanda mensual teniendo una producción diaria planificada de 3.000 unidades en un turno de producción de 8 horas.

El principal objetivo es incrementar la productividad en las líneas de ensamble, reduciendo el número de personas operativas y manteniendo el nivel de producción actual, lo que representa una mejora en los costos del producto asociados al proceso, logrando así competitividad en el mercado y satisfacción del cliente. Como primera acción está el involucramiento de la gerencia para el despliegue de acciones y cambios al proceso en función de los indicadores actuales del negocio y la meta a alcanzar, se utiliza la información histórica de producción para mejor entendimiento del ciclo productivo, análisis de la situación actual e identificación de oportunidades, la aplicación de la metodología y validación de cambios y el respectivo seguimiento para sostenimiento en un periodo de tres meses.

A continuación se detalla el diagrama de entradas, proceso y salida de la empresa para entender la cadena de valor de Metalfunny.

Table 1. MACROPROCESO METALFUNNY



Como se muestra en la figura 1.1, el bloque del proceso productivo está conformado por cuatro áreas, empezando por troquelado donde se forman, embuten, perforan y doblan las láminas de acero que posteriormente se transformaran en los componentes de la cocina, entre los diferentes tipos de acero a procesar se encuentran, el acero negro o coll rolled, acero galvanizado y acero inoxidable, por la demanda de partes se programan tres turnos de producción de lunes a viernes.

Las piezas en acero negro o crudo pasan al proceso de decorado donde se pintan o esmaltan dependiendo del uso y modelo al que corresponden, teniendo este proceso un turno de producción de

ocho horas y está conformado por dos hornos de esmalte y dos cabinas de pintura.

El tercer proceso de fabricación corresponde al área de accesorios donde se fabrican las diferentes referencias del sistema de combustión del artefacto así como sus accesorios, parrillas superiores, de horno, etc.

Finalmente el proceso converge en el área de ensamble donde se unen las partes terminadas en los procesos de fabricación anteriores y las materias primas como módulos de encendido, válvulas, perillas, vidrios y demás ítems comprados que son abastecidos por el almacén de materias primas.

Los productos salientes de las líneas de ensamble son llevados a la bodega de producto terminado, sea este para su distribución local o embarque internacional, el esquema de producción es bajo pedido y la producción anual promedio de la empresa es aproximadamente de 600.000 a 700.000 unidades.

1.2. DEMANDA ANUAL Y PORTAFOLIO DE MODELOS

La demanda de productos se ha mantenido dentro de los límites promedios de pedidos aunque en los últimos tres años se ha

observado una leve tendencia hacia la baja especialmente en la plataforma de 60 y 61cm que se fabrica para el mercado de Perú y Chile. A continuación se muestra el comportamiento de la demanda anual de tres años consecutivos antes de la aplicación de la mejora para las diferentes plataformas de productos y la proyección considerando la mejora de productividad enfocada en los costos de transformación.

Table 2. DEMANDA ANUAL (MILES DE UNIDADES) PERIODO DE TRES AÑOS

PLATAFORMAS DE COCINAS	HISTÓRICO DEMANDA			AÑO MEJORA
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	
PROD 51 - 55CM	488	467	471	475
PROD 60 - 61CM	195	172	168	178
PROD 76CM	52.5	67.2	56.1	59
TOTAL AÑO	735.5	706.2	695.1	712

En conjunto con la tabla de demanda se muestra la gráfica de tendencia.

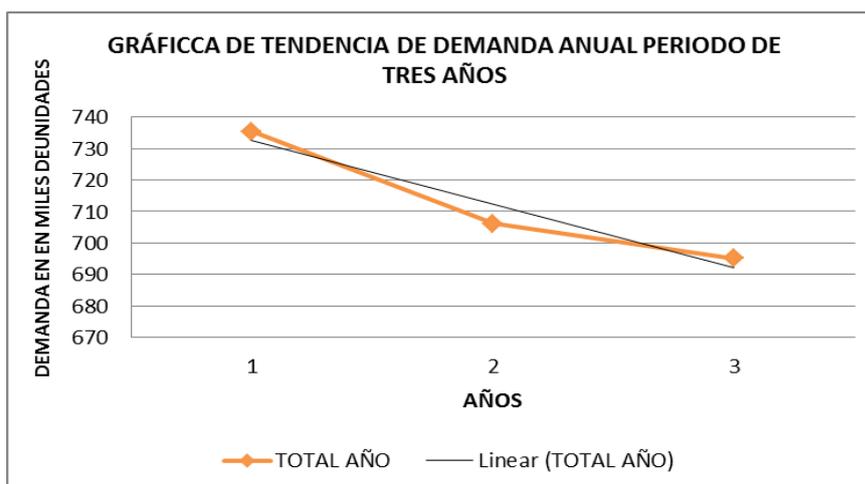
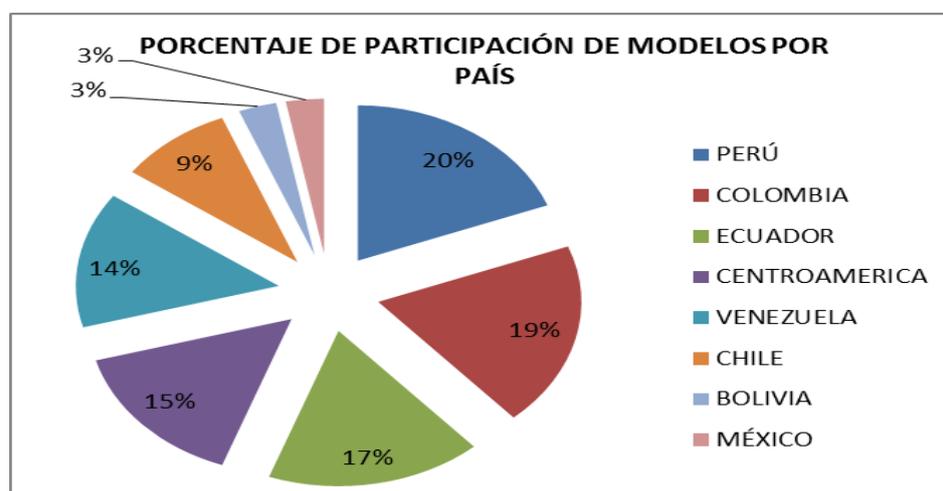


Figure 1. GRÁFICA DE TENDENCIA RELACIONADA A LA DEMANDA

Dentro de las diferentes plataformas se maneja un portafolio de productos cuyos atributos y/o características están en función del mercado al que están dirigidos cumpliendo requisitos regulatorios, normativas y especificaciones del consumidor.

El portafolio de productos consta de un total de cuarenta modelos diferentes cuyos porcentajes de participación por país se muestran en la figura 2.

Figure 2. SKU's POR PAÍS



Dentro del diagrama de pastel mostrado podemos observar que el 85% de los modelos del portafolio de productos corresponden al mercado de exportación y un 15% al mercado local, repartidos entre las diferentes plataformas mostradas en las tablas anteriores. Perú es uno de los países con mayor número de modelos diferenciados seguido por Colombia, mientras que Chile uno de los mercados de mayor competencia en costos de producto tiene un 9% de modelos.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

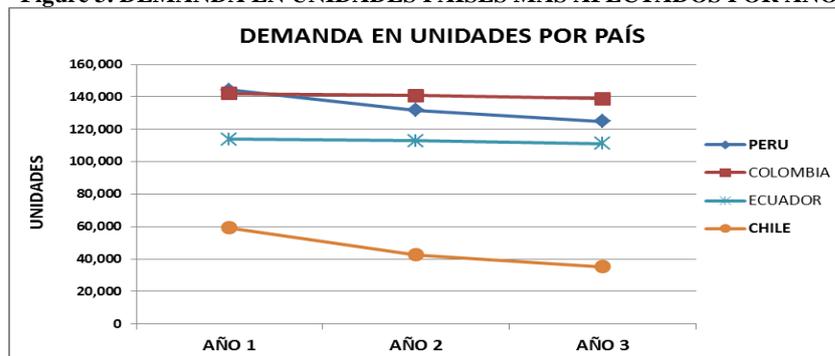
Una de las principales premisas que ha afectado los pedidos para el mercado de Perú y Chile son los costos de los productos fabricados por Metalfunny frente a la competencia. A continuación se muestra la tabla de tres años consecutivos de las ventas en unidades y la gráfica donde se puede observar una disminución en la demanda especialmente de Perú y Chile, mientras en los otros países las curvas se mantienen estables.

Table 3. DEMANDA ANUAL POR PAÍS EN UNIDADES

PAÍS	AÑO 1 DEMANDA	AÑO 2 DEMANDA	AÑO 3 DEMANDA
PERU	144,333	131,646	125,000
COLOMBIA	142,108	140,700	138,900
VENEZUELA	137,037	138,700	133,500
CENTRO AMERICA	115,362	114,600	123,070
ECUADOR	113,952	112,900	111,100
CHILE	59,313	42,700	35,300
MÉXICO	11,737	13,710	15,830
BOLIVIA	7,430	7,144	7,400
OTROS	4,228	4,100	5,000
VENTAS TOTALES	735,500	706,200	695,100

Los principales porcentajes de disminución entre el primer y tercer año son del 13% para Perú y 41% para Chile. En la figura 3 se muestra el comportamiento de la demanda en los países que han reducido sus pedidos.

Figure 3. DEMANDA EN UNIDADES PAÍSES MAS AFECTADOS POR AÑO



1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Con la información presentada previamente y la tendencia de pérdida de demanda claramente mostrada es necesario desde el enfoque de producción implementar una estrategia en reducción de costos, con el fin de mantener la competitividad de los productos en el mercado internacional y nacional.

Dentro de las cuatro áreas productivas de planta, la visión del proyecto está dirigida a ensamble, que es el área donde se consolidan las partes de los procesos anteriores y se obtiene el producto terminado. Conjuntamente tiene el mayor porcentaje de participación de mano de obra como se muestra en la tabla 4.

Table 4. DOTACIÓN Y COSTOS DE MANO DE OBRA POR ÁREA

ÁREAS PRODUCTIVAS	Nº PERSONAS	COSTO M.O	% PARTICIPACIÓN M.O
ENSAMBLE	190	\$ 154,280	40%
DECORADO	110	\$ 89,320	23%
TROQUELADOS	102	\$ 82,824	21%
ACCESORIOS	74	\$ 60,088	16%
TOTALES	476	\$ 386,512	100%

El costo de mano de obra de la tabla anterior incluye además del salario las prestaciones y bonificaciones (los datos mostrados en cuanto a salarios son referenciales). Este tipo de estrategia enfocada en la mejora de procesos representa beneficios directos al estado de resultados (EBITDA), como lo son la baja en mano de obra y tiempo extra.

1.5. OBJETIVOS

El objetivo general del presente proyecto es incrementar la productividad en horas hombre en un 40% en el área de ensamble mediante la aplicación de la metodología Lean Manufacturing, eliminando los desperdicios y actividades que no agregan valor y calculando el número adecuado de la plantilla requerida para la producción.

Además de balancear las operaciones al tiempo takt para cada uno de los diferentes productos. Como objetivos específicos se listan los siguientes:

- Reducción de tiempo muerto.
- Reducción de costo de MOD por unidad.

CAPITULO 2

2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

2.1. IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS

Es importante centrarse en los elementos de trabajo actual, tomando en consideración el tiempo de cada uno de ellos identificando y eliminando de manera consistente y rápida todos los desperdicios evidentes en el proceso.

Se define trabajo como la transformación de materia prima o datos en productos o información que el cliente quiere y que está dispuesto a pagar por ellos. Esta definición es la misma de Actividades con valor agregado, todo lo demás es desperdicio. El desperdicio no forma parte del trabajo, se debe identificar y se debe eliminar. A continuación se listan los siete desperdicios de la manufactura:

- Sobreproducción
- Productos defectuosos
- Procesos deficientes
- Inventarios
- Movimientos excesivos o innecesarios
- Transporte
- Esperas

2.2. TIEMPO CICLO

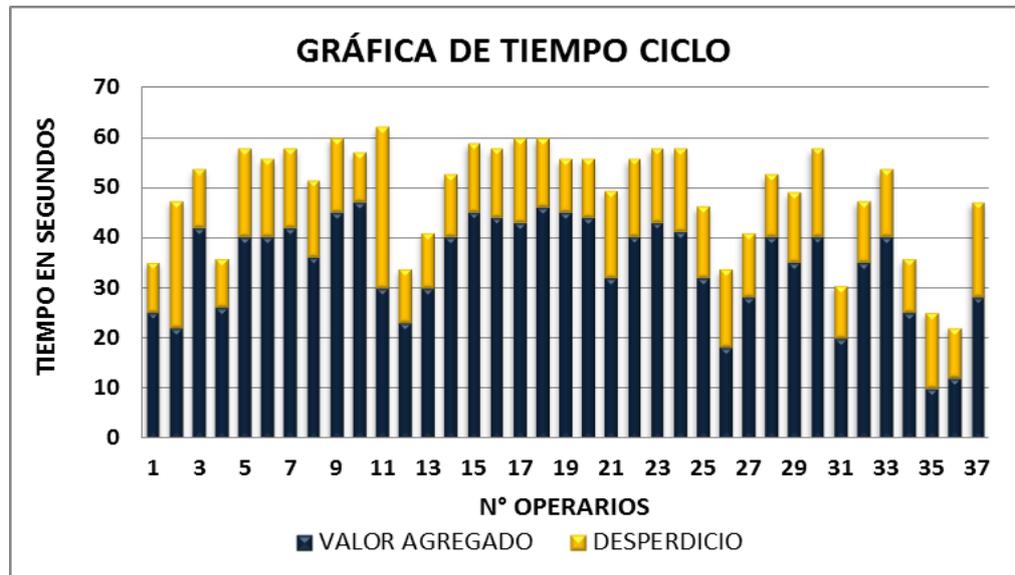
Tener los productos correctos en la línea correcta y ser flexibles es una gran ventaja para poder responder en tiempo a los requerimientos y variaciones en la demanda del cliente. Para responder acertadamente a la interrogante de productos correctos lo primero que debemos medir es la variación en contenido de trabajo entre productos y la misma debe ser menor a 20%, lo que significa que se toma como base el producto que ocupe la menor cantidad de operadores de la misma línea, las operaciones que represente variaciones significativas se clasifican como sub ensambles.

Teniendo presente la definición de desperdicios y la categorización global de los mismos en el enunciado anterior se procede con la definición de tiempo ciclo de operación como el tiempo necesario para producir un producto o pieza, expresado en minutos y segundos y se usa para analizar la distribución del contenido de trabajo de cada operación, detectar desperdicios y ELIMINARLOS.

Se presenta a continuación la gráfica de tiempos de ciclo de operación medidos en la plataforma de 76cm, identificando en cada secuencia realizada los desperdicios encontrados en las operaciones manuales, los cuales incluyen caminatas, inspección,

mediciones, retrabajos y esperas que deben ser identificadas para su posterior eliminación.

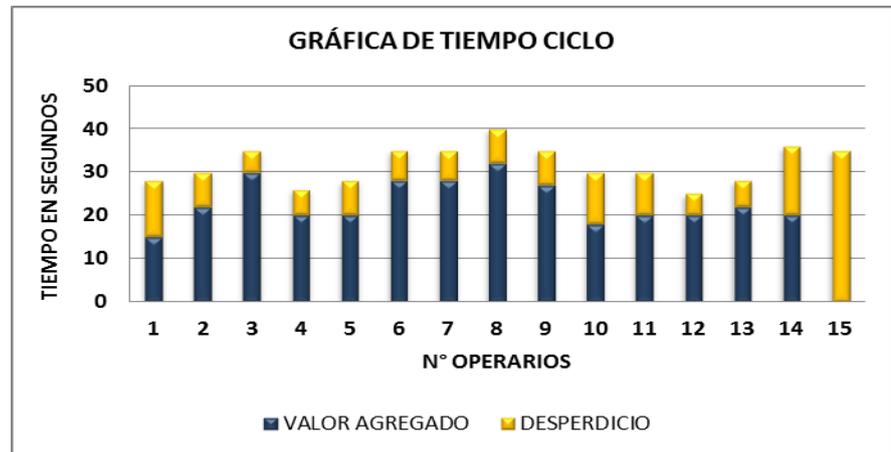
Figure 4. GRÁFICA TIEMPO CICLO DE OPERACIÓN PLATAFORMA 76CM



La gráfica mostrada corresponde a la plataforma de 76cm con una dotación de 37 personas distribuidas en línea principal, tiempo de ciclo total incluido desperdicios de 1.809 segundos de los cuales 535 segundos son netamente desperdicios representados en color mostaza y las actividades que transforman el producto en color azul. Además se presenta la gráfica de los sub-ensambles (fig 5) pertenecientes a la misma plataforma con una dotación de 17 personas cuya función principal es preparar todas las partes que dentro del producto terminado tienen otros sub ensambles y físicamente están ubicados fuera de la línea base, el tiempo de ciclo

total de los sub ensambles incluidos desperdicios es de 476 segundos.

Figure 5. GRÁFICA DE TIEMPO CICLO DE SUB ENSAMBLES DE 76CM



De la misma forma que la plataforma de 76cm, se presentan los respectivos datos de tiempos de ciclo para los modelos restantes pero a diferencia de los tiempos mostrados en la gráfica anterior donde se desglosa el tiempo por cada persona, por efecto de resumir los datos obtenidos, se muestran los tiempos de ciclo total.

Figure 6. GRÁFICA TIEMPO DE CICLO POR PLATAFORMA



Para complementar la información de tiempos se adiciona los costos de las HH, la dotación y producción por hora.

Table 5. COSTO DE HH ASOCIADO A LA PRODUCTIVIDAD POR PLATAFORMA

PLATAFORMAS	DOT	PH	STD HH	COSTO HH
76CM	52	50	1.04	\$ 7.12
60CM	37	60	0.62	\$ 4.22
61CM	32	60	0.53	\$ 3.65
55CM	37	60	0.62	\$ 4.22
51CM	32	100	0.32	\$ 2.19

Como se muestra en la tabla 5, los costos estándares por modelo están asociados a las horas hombres de cada plataforma y como se mostró en las gráficas de barras el estándar actual tiene tiempos que pueden ser mejorados por los desperdicios contenidos en las operaciones que representan en promedio un 34% del tiempo total, aunque los desperdicios no deben ser incluidos como elementos del trabajo deben ser medidos para eliminarlos y ver el impacto que tendremos en el negocio.

Es importante destacar que para la obtención de cada tiempo real medido y presentado para cada modelo se usaron los formatos de observación de tiempo (Anexo 1) y las siguientes reglas:

- Seleccionar una persona calificada para su trabajo.
- Observar los movimientos manuales de cada persona.
- Aplicar las reglas de cortesía en piso.
- Medición de cada elemento de trabajo de forma separada.
- Cronometrar y documentar.

2.3. TIEMPO TAKT vs RITMO DE PRODUCCIÓN

El cliente es quien marca el ritmo de trabajo de cada planta, ya que es él quien “demanda” lo que necesita. El tiempo Takt es el que nos ayuda a sincronizar el ritmo de producción con el ritmo de ventas.

La fórmula para obtener el tiempo Takt es: el tiempo neto de operación dividido entre la demanda del cliente, siendo el tiempo neto de operación el tiempo total disponible para la producción, menos los tiempos muertos planeados (donde los tiempos muertos planeados son todos aquéllos que se sustentan en las políticas de la empresa: MPT, Capacitación, Limpieza, comida).

$$\text{TIEMPO TAKT} = \frac{\text{Tiempo Neto de Operación / Periodo}}{\text{Requerimiento del Cliente / Periodo}}$$

Para el cálculo del tiempo takt para la producción en ensamble de Metalfunny, es necesario tener la demanda por periodos que para este caso será la demanda mensual para lo cual se presenta una tabla con los históricos del segundo cuatrimestre del primer año.

Para cálculo del tiempo neto de operación se consideran los días hábiles calendario por mes, los turnos de trabajo que en este caso es un turno de 8 horas, descontado los paros programados (almuerzo 0.5 horas) y el número de líneas de trabajo disponibles (tres líneas de ensamble), los datos de tiempos se presentan en segundos.

En la tabla 6 mostrada a continuación, se aplica la fórmula de la ecuación 1, dando como resultado un tiempo takt general que se obtiene con la sumatoria del volumen y mezcla del mes dividido entre el tiempo neto de operación.

Este cálculo nos da la entrada para el desarrollo de la mejora que se presenta en el siguiente capítulo, donde se calcula el ritmo de producción "Takt" para cada plataforma, siendo este dato el techo para el balanceo de operaciones y cálculo de dotación adecuada.

Table 6. DEMANDA POR PERIODO-TIEMPO NETO DE OPERACIÓN-T.TAKT GENERAL

		2Q AÑO 1			
		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
	51cm	25,038	26,586	33,675	29,016
	55cm	1,683	671	547	395
	60cm	3,866	3,928	7,839	6,226
	61cm	8,787	9,071	13,990	13,290
	76cm	3,694	3,618	3,294	5,263
TOTAL DEMANDA		43,068	43,874	59,345	54,190
DÍAS PERIODO		22	22	30	28
TIEMPO POR TURNO (SEG)		86400	86400	86400	86400
TIEMPO DISPONIBLE		1900800	1900800	2592000	2419200
T. TAKT MES (SEG)		44	43	44	45

De la misma forma en la tabla 7 se muestra el cálculo con el que actualmente la organización realiza la planificación de la producción para la demanda mensual, en el mismo se consideran las tres líneas de ensamble, un turno de trabajo de 8 horas para el cálculo de las horas disponibles por mes y el cálculo de las horas requeridas en función de la producción por hora establecida, dando

como resultado el uso de horas extras programadas para el cumplimiento del requerimiento mensual, que también forma parte de la problemática actual.

Table 7. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN – HORAS MES REQUERIDAS

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
LÍNEAS DE TRABAJO	3			
HORAS POR TURNO	8			
DÍAS DISPONIBLES MES	22	22	30	28
HORAS DISPONIBLES MES	528	528	720	672

PLATAFORMAS / DATOS	MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		
	PH	DEMANDA	HORAS REQ						
51cm	100	25,038	250	26,586	266	33,675	337	29,016	290
55cm	60	1,683	28	671	11	547	9	395	7
60cm	60	3,866	64	3,928	65	7,839	131	6,226	104
61cm	60	8,787	146	9,071	151	13,990	233	13,290	222
76cm	50	3,694	74	3,618	72	3,294	66	5,263	105
TOTAL HORAS REQUERIDAS			563		566		776		727
HORAS EXTRAS PROG			35		38		56		55

La principal diferencia entre las dos formas de cálculo mostradas es que en la primera el ritmo de producción lo marca el cliente “Demanda” y en la segunda la capacidad instalada (mano de obra y producción por hora).

2.4. PRINCIPALES INDICADORES DE GESTIÓN

Se utilizan los datos históricos correspondientes a los años mostrados en los cuadros anteriores de los principales indicadores de la planta medidos en el área de ensamble específicos para este estudio, los mismos que nos servirán como referencia comparativa de la mejora obtenida con el proyecto.

La mejora en los indicadores claves permitirá disminuir los costos, proyectando ser más competitivos para mantener el liderazgo en el mercado; se espera que el conocimiento de esta metodología al implementarla en las diferentes industrias, mejore sus niveles de productividad generando así aumentar su desempeño y utilidades.

Table 8. INDICADORES DE ENSAMBLE

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
DEMANDA	735,500	706,200	695,100
HC MOD	493	487	476
% TE	9%	7%	5%
COSTO UNITARIO MOD	\$ 3.04	\$ 3.12	\$ 3.05

CAPITULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

3.1. ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS

Para este punto de la implementación se empieza con el desarrollo de la metodología Lean Manufacturing, aplicando las diferentes herramientas en el siguiente orden.

Ejecución en piso de las tres primeras S's: consiste en Separar del sitio de trabajo todo lo que no sirva, se utilice o sea parte de la operación (mesas, herramientas, materiales, equipos, etc.). Ordenar las estaciones de trabajo en forma secuencial de acuerdo a las operaciones y por ultimo Definir un lugar para cada cosa y mantener cada cosa en su lugar.

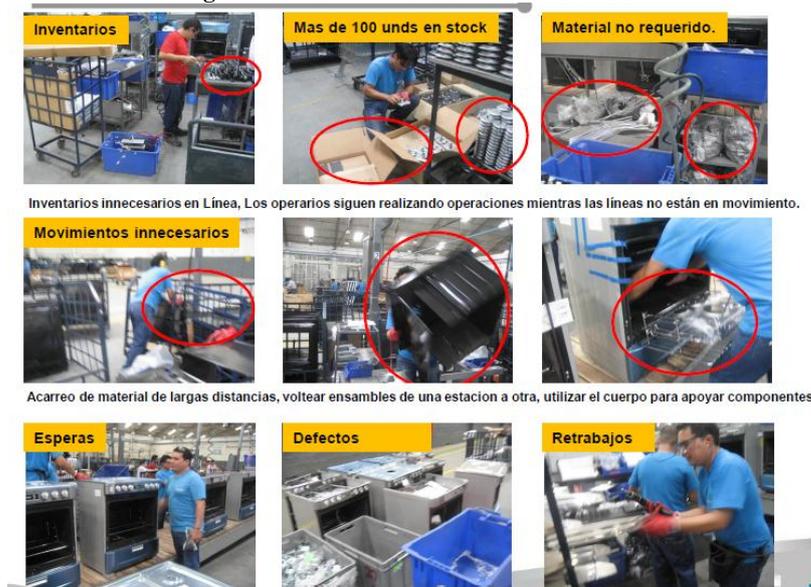
Para englobar los desperdicios identificados y las acciones tomadas para eliminación de los mismos se mencionan los más significativos.

Movimientos innecesarios: Definición de la cantidad necesaria de materias primas para un ciclo operativo, contenerización y ubicación de materiales en la zona de strike (altura del ombligo y a la distancia de un brazo), básicamente se centra en los movimientos de las personas, manos, pies, vista.

Transporte - Esperas: Consiste en la movilización y acomodo de contenedores con materiales por parte de las personas de ensamble y para de producción por falta de abastecimiento de los mismos, para eliminar este desperdicio se estableció una ruta de entrega (Ver Anexo 2) para el almacén de materia prima y áreas de proceso, donde se define la frecuencia de surtimiento con horarios, puntos de entrega de materiales y recolección de contenedores vacíos (Ver Anexo 3).

Productos defectuosos: En este punto se aplica métodos Poka Yoke, inspección en el origen, señales Andón y revisión de especificaciones y estándares de calidad para garantizar que los materiales recibidos de proveeduría externa e interna cumplan al 100% con los requerimientos estipulados.

Figure 7. DESPERDICIOS DEL PROCESO

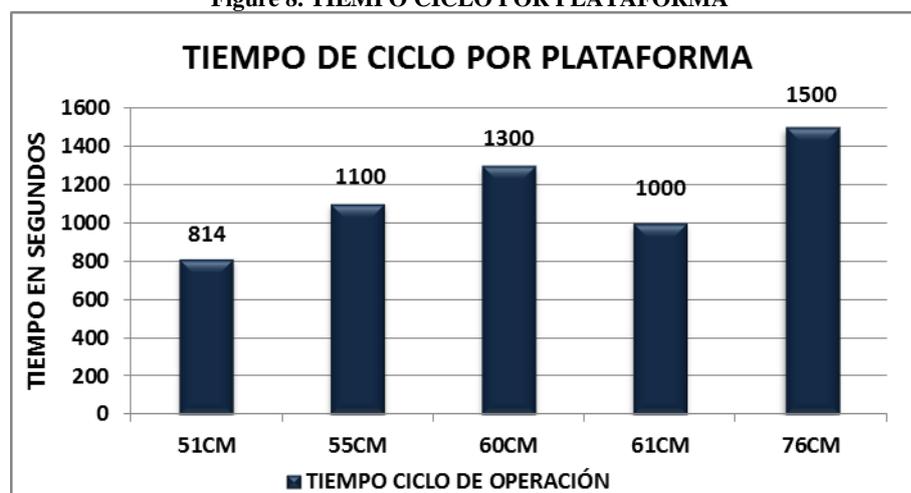


Aplicando las mejoras anteriormente descritas, se logra reducir los tiempos cuantificados por desperdicios en un 96% promedio entre las diferentes plataformas y se calcula el tiempo Takt para la demanda de productos y los nuevos tiempos de ciclo.

Table 9a. CÁLCULO DE TAKT TIME POR PLATAFORMA

		DEMANDA POR MES			
		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
	51cm	25,038	26,586	33,675	29,016
	55cm	1,683	671	547	395
	60cm	3,866	3,928	7,839	6,226
	61cm	8,787	9,071	13,990	13,290
	76cm	3,694	3,618	3,294	5,263
TOTAL DEMANDA		43,068	43,874	59,345	54,190
DÍAS PERIODO		22	22	30	28
TIEMPO POR TURNO (SEG)		86400	86400	86400	86400
TIEMPO DISPONIBLE		1900800	1900800	2592000	2419200
T. TAKT MES (SEG)		44	43	44	45
	51cm	36	36	36	36
	55cm	45	45	47	45
	60cm	60	60	60	60
	61cm	45	44	45	45
	76cm	60	60	60	60

Figure 8. TIEMPO CICLO POR PLATAFORMA



3.2. CÁLCULO DE MOD Y BALANCEO DE OPERACIONES

Teniendo los datos del tiempo takt y tiempo ciclo para cada plataforma de producto, se calcula la plantilla requerida para el cumplimiento de la demanda.

Table 9b. CÁLCULO DE MANO DE OBRA POR PLATAFORMA

	TEÓRICO				
	51CM	55CM	60CM	61CM	76CM
T. TAKT	36	45	60	45	60
TIEMPO CICLO	796	1100	1300	1000	1500
DOTACIÓN (MOD)	22	24	22	22	25
	REAL				
	51CM	55CM	60CM	61CM	76CM
TIEMPO CICLO	802	1110	1307	1016	1765
DOTACIÓN (MOD)	23	25	22	23	30

El siguiente paso es balancear las operaciones al ritmo del Takt para lo cual se define claramente las operaciones estándar que aplican a cada plataforma.

Dentro de una empresa competitiva y esbelta, una combinación de trabajo estandarizado es una mezcla de personas, procesos, materiales y maquinas que funcionan simultáneamente para lograr la realización óptima de operaciones de transformación (valor agregado) al menor costo y con la más alta calidad posible.

Los elementos que componen una operación son:

- Tiempo Takt / Tiempo ciclo
- Secuencia de trabajo
- Inventario estándar en proceso

El tiempo Takt y ciclo ya fueron calculados y mostrados en la tabla 9 por lo que se procede a definir la secuencia de trabajo siendo este una serie pre establecida de actividades que realiza un solo operador para completar un ciclo de producción dentro del tiempo Takt. Una secuencia de trabajo no representa necesariamente la ruta de las piezas a través de un proceso de manufactura.

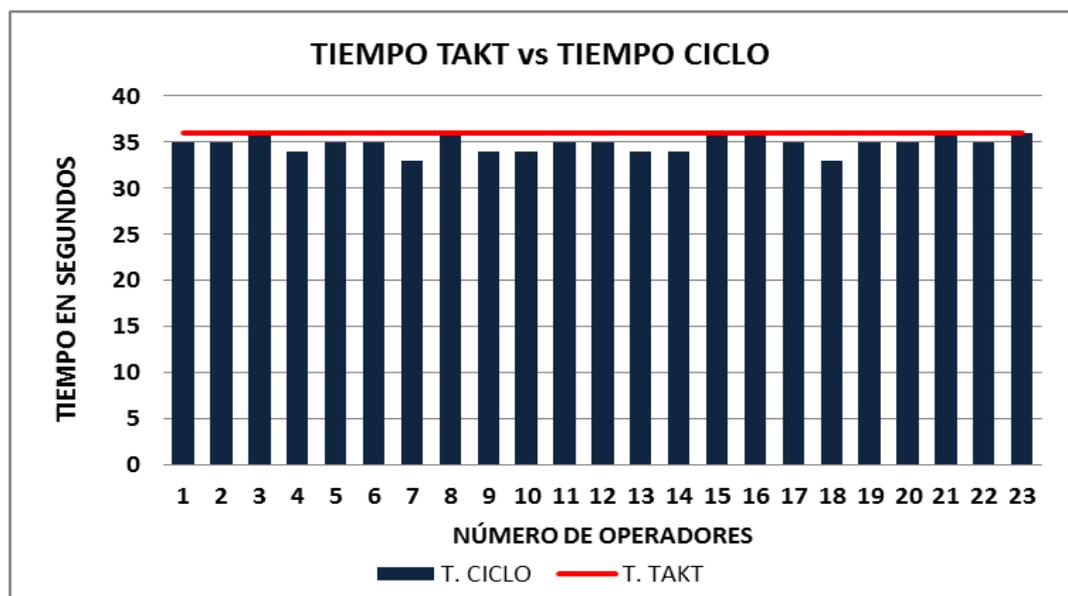
Table 10. MATRIZ SECUENCIAL DE OPERACIONES POR PLATAFORMA

N°	SECUENCIA DE OPERACIONES	51CM	55CM	60CM	61CM	76CM
1	Ensamble riel en laterales del horno	x	✓	✓	✓	✓
2	Ensamble chasis: lateral + techo	✓	✓	✓	✓	✓
3	Ensamble espaldar al conjunto + módulo de encendido	✓	✓	✓	✓	✓
4	Ensamble de marco de horno + lámina de aluminio	✓	✓	✓	✓	✓
5	Pre ensamble contrapuerta abatible	x	✓	✓	✓	✓
6	Instalación soporte contrapuerta + complemento bisagra	x	✓	✓	✓	✓
7	Ensamble contrapuerta abatible + resortes	x	✓	✓	✓	✓
8	Ensamble laterales principales	✓	✓	✓	✓	✓
9	Pre ensamble control electrónico digital	x	x	✓	x	✓
10	Ensamble de ventilador	x	x	✓	x	✓
11	Pre ensamble puerta asador abatible	x	x	✓	x	✓
12	Ensamble de cañerías del horno	✓	✓	✓	✓	✓
13	Pre ensamble de bases	✓	✓	✓	✓	✓
14	Ensamble de bases	x	x	✓	x	✓
15	Pre armado de grill	x	x	✓	x	✓
16	Pre ensamble reloj frente de perillas	x	x	✓	x	✓
17	Pre ensamble de foco + boquilla	✓	✓	✓	✓	✓
18	Ensamble frente de perillas + foco + soportes cubierta	✓	✓	✓	✓	✓
19	Instalación de arnés eléctrico + motor rosticero	x	✓	✓	x	✓
20	Pre ensamble tubo rampa	✓	✓	✓	✓	✓
21	Instalación de tubería rampa + ensamble de perillas	✓	✓	✓	✓	✓
22	Pre ensamble de cubierta	x	✓	✓	x	✓
23	Ensamble de cubierta	✓	✓	✓	✓	✓
24	Inspección de funcionamiento ateq	✓	✓	✓	✓	✓
25	Prueba de verificación hypot	✓	✓	✓	✓	✓
26	Ensamble de tubo de horno	✓	✓	✓	✓	✓
27	Ensamble tubo grill	x	✓	✓	x	✓
28	Prueba de funcionamiento quemadores	✓	✓	✓	✓	✓
29	Pre ensamble de tapa de vidrio	✓	✓	✓	✓	✓
30	Ensamble de tapa de vidrio	✓	✓	✓	✓	✓
31	Instalación cadena antideslizamiento + cordón puerta	✓	x	x	✓	x
32	Paquetería de accesorios	✓	✓	✓	✓	✓
33	Pre ensamble de puerta de horno	✓	✓	✓	✓	✓
34	Pre ensamble columna + aplique	x	✓	✓	✓	✓
35	Ensamble manija + vidrio + columnas	✓	✓	✓	✓	✓
36	Ensamble molduras superior e inferior + vidrio contrapuerta	x	✓	✓	✓	✓
37	Ensamble de puerta	✓	✓	✓	✓	✓
38	Embalaje	✓	✓	✓	✓	✓
	Operaciones comunes	23	31	37	29	37

Definida la secuencia de operaciones es necesario establecer el inventario estándar en proceso, siendo este el mínimo inventario requerido para completar una secuencia de trabajo, en este caso el inventario es un producto a la vez.

Con los tres elementos ya definidos en esta mejora, el siguiente punto es balancear las operaciones. A continuación se presentan las gráficas de balanceo tiempo takt vs tiempo ciclo para cada plataforma.

Figure 9. GRÁFICA TIEMPO TAKT VS TIEMPO CICLO PLATAFORMA 51CM



El cálculo teórico de dotación para la plataforma de 51cm es de 22 personas, en la gráfica anterior se presenta el balanceo de operaciones entre 23 personas lo que indica aún existe un mínimo

margen de mejora de saturar todas las estaciones al 100% del tiempo Takt (demanda del cliente).

De aquí en adelante se presentan las gráficas para las plataformas restantes (55cm, 60cm, 61cm y 76cm).

Figure 10. GRÁFICA TIEMPO TAKT vs TIEMPO CICLO PLATAFORMA DE 55CM

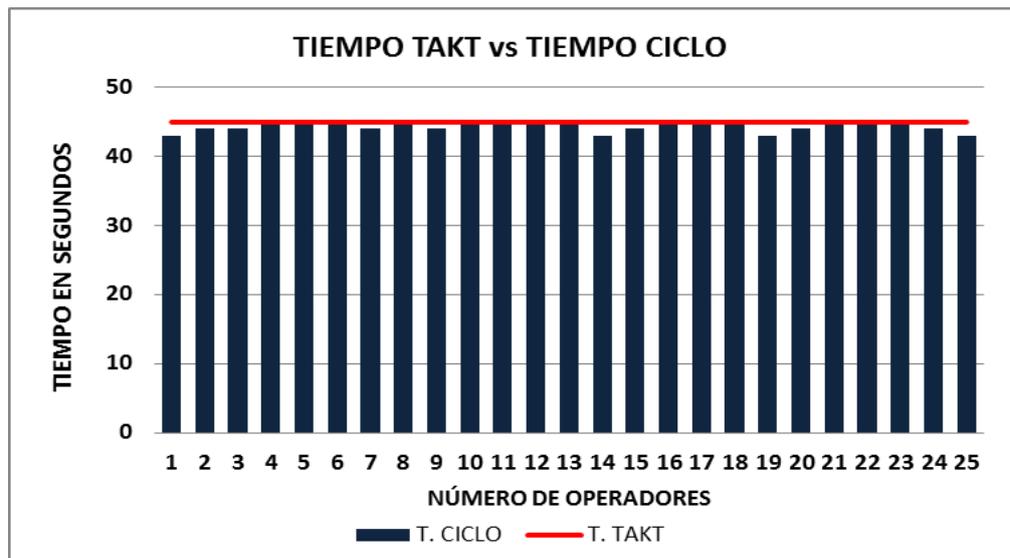


Figure 11. GRÁFICA TIEMPO TAKT vs TIEMPO CICLO PLATAFORMA DE 60CM

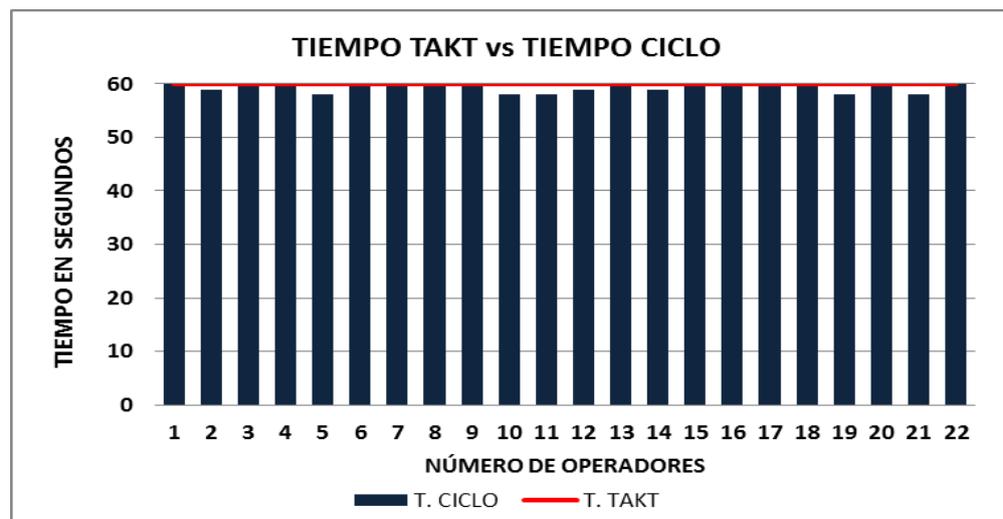


Figure 12. GRÁFICA TIEMPO TAKT vs TIEMPO CICLO PLATAFORMA 61CM

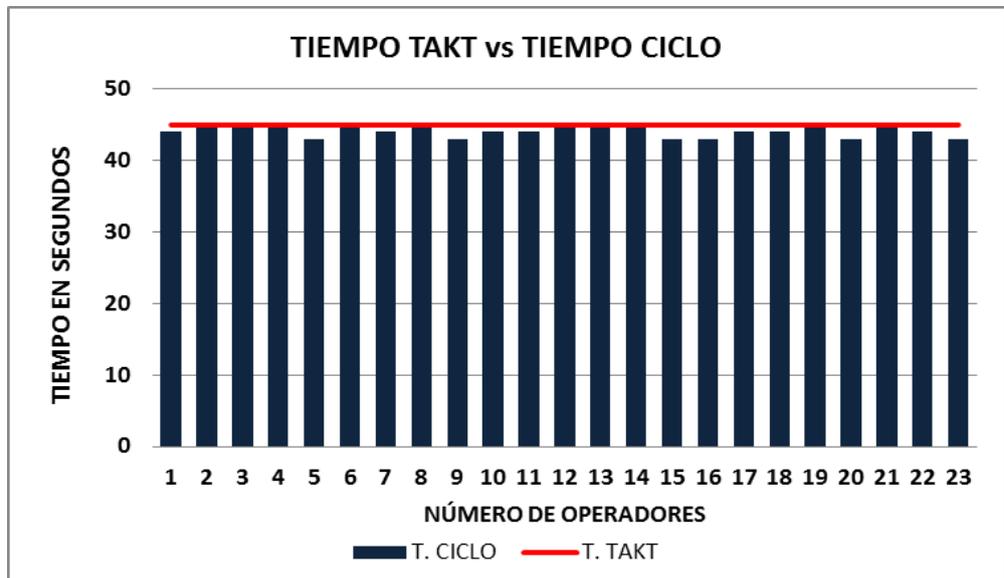
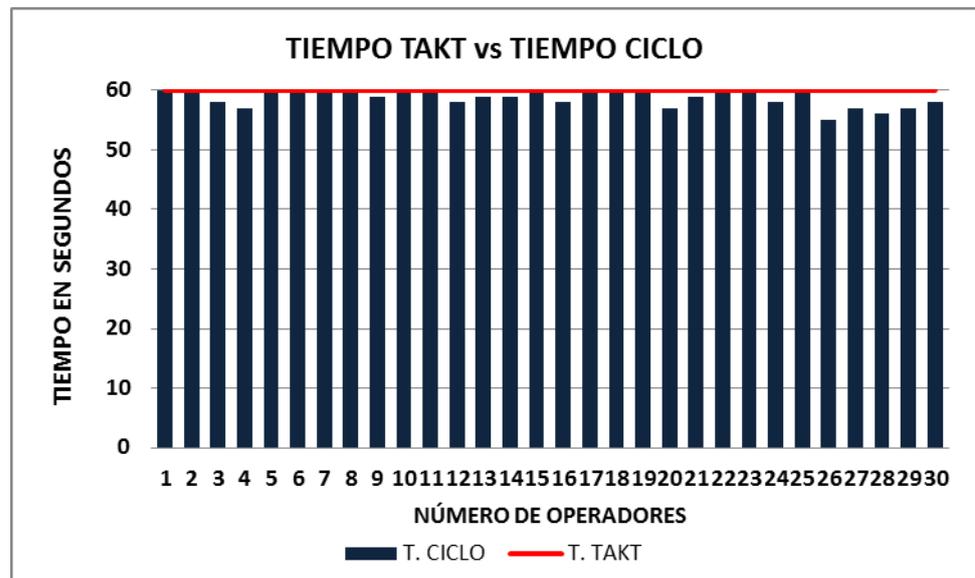


Figure 13. GRÁFICA TIEMPO TAKT vs TIEMPO CICLO PLATAFORMA DE 76CM



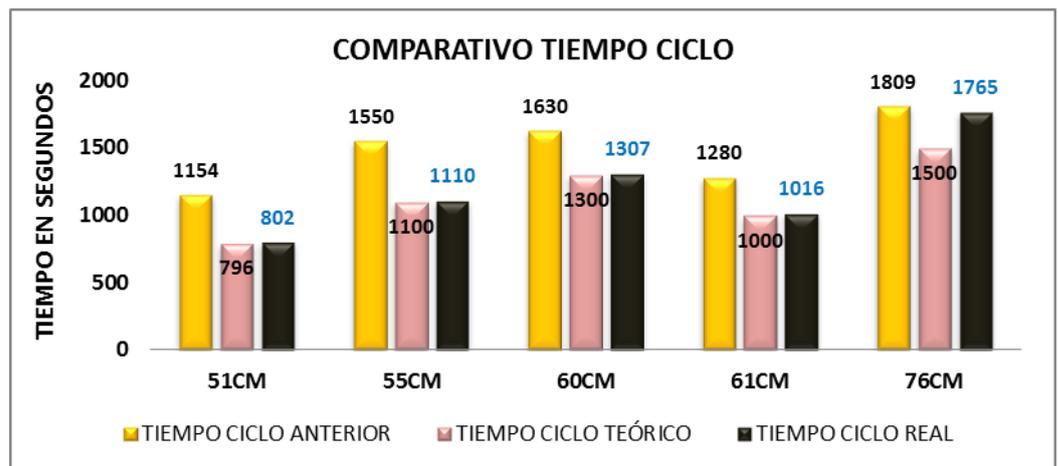
Con los datos medidos después de la implementación del trabajo estándar se validan los nuevos tiempos obtenidos donde se observa claramente la eliminación de desperdicios y las causas de variación.

3.3. RESULTADOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Se obtienen y se analizan dos resultados, la reducción del tiempo de ciclo de operación en el área de ensamble y por otra parte el costo por unidad producida que se logró en base a la baja de mano de obra directa.

En la siguiente gráfica se muestran tres comparaciones, los tiempos de operación antes de la mejora, los tiempos calculados y los tiempos reales obtenidos con la aplicación de trabajo estándar.

Figure 14. TIEMPO CICLO TEÓRICO vs TIEMPO CICLO REAL



Como se puede observar el gap entre los tiempos teóricos y reales son ínfimos mientras que la diferencia entre el tiempo de ciclo antes de la mejora y después de la misma presenta una disminución porcentual promedio del 20%. Traducido en costos se obtiene un resultado aún mayor como se muestra en la siguiente tabla.

Table 11. RESULTADOS COMPARATIVOS

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	PPTO	% MEJORA
DEMANDA	735,500	706,200	695,100	712,000	2.4%
HC MOD	493	487	476	405	18%
% TE	9%	7%	5%	-	100%
COSTO UNITARIO MOD	\$ 3.04	\$ 3.12	\$ 3.05	\$ 1.91	60%

El costo por unidad producida en el área de ensamble tiene una disminución significativa de un 60% respecto al año anterior con el volumen y mezcla dados para una demanda de 712.000 unidades.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que las técnicas de mejora Lean aplicadas metodológicamente y con la participación en equipo del personal involucrado permiten realizar cambios sustanciales con impacto directo en los costos que afectan positivamente el estado de resultados de la organización.

Se logró aplicar de manera eficiente la ejecución de las tres primeras S's en el área de ensamble, la eliminación de desperdicios de la manufactura y reducción de la variación en proceso, la implementación del trabajo estándar, balanceo de las operaciones al ritmo de la demanda "Tiempo Takt" y mejora en la productividad del área intervenida.

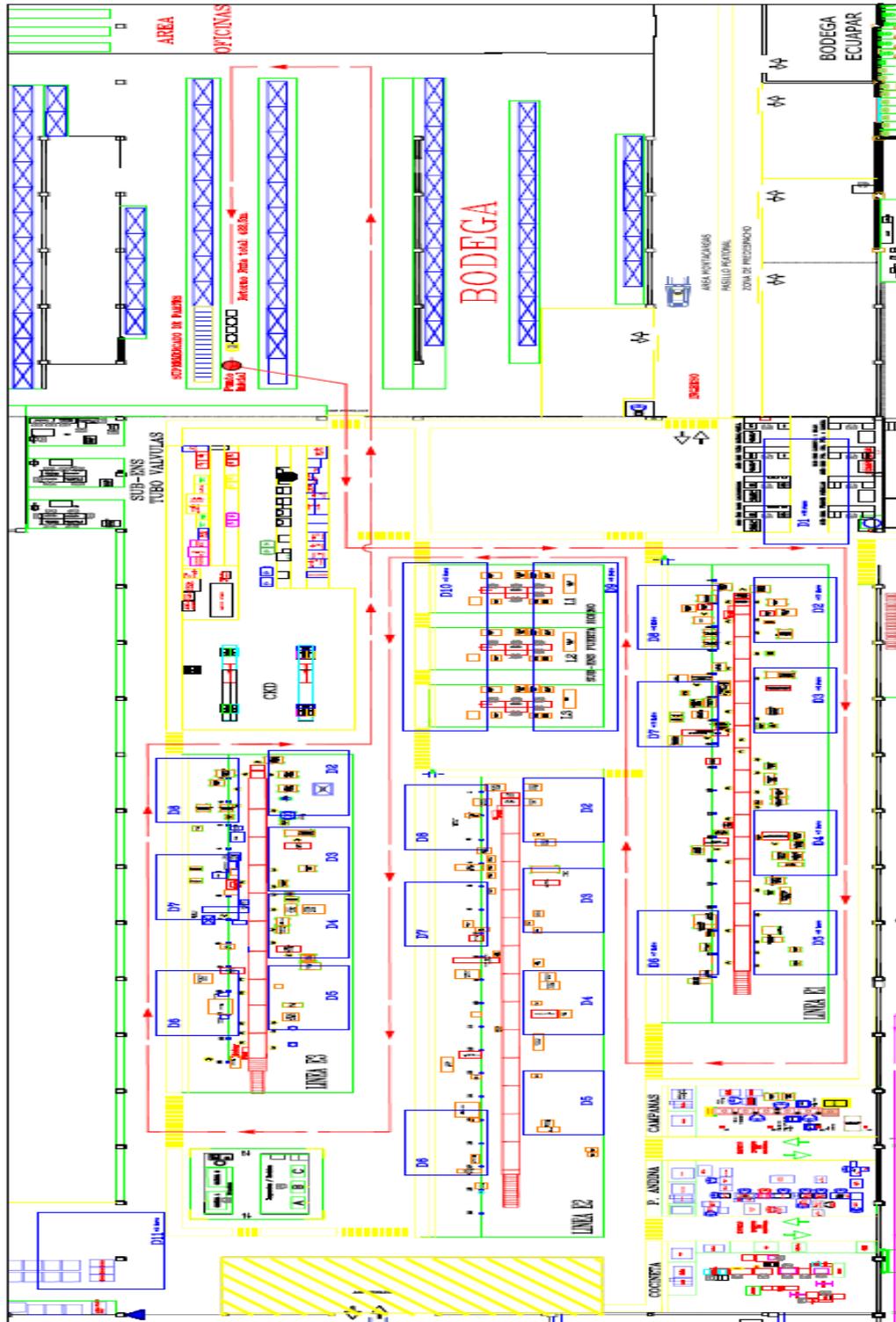
Se debe dar seguimiento y sostenimiento a las mejoras obtenidas a través de los responsables de área quienes deben asumir los cambios ejecutados y replicar esta metodología en los diferentes procesos de la planta donde existan oportunidades de mejora.

Para ser constantes en el sostenimiento del cambio logrado es importante entender los objetivos y metas de la organización, medir y revisar regularmente los indicadores, responder de manera rápida a situaciones que entorpezcan el proceso para de esta forma mantener el liderazgo alcanzado en el mercado de electrodomésticos y abrir camino hacia nuevos mercados.

BIBLIOGRAFÍA

- Black J. T. y Hunter S. (2003). Lean Manufacturing System and Cell Design.
- Chase, R. B.; Aquilano, N.J.; y Jacobs, F. R. (2001). Operations Management for Competitive Advantage. New York Mc. Graw Hill
- Ohno, T. (1998). Toyota Production Systems. Cambridge: Masachussets, EUA.

ANEXO 2: Ruta de entrega de materiales



ANEXO 3: Pizarrón de estatus de ruta de entrega.

RUTA DE ABASTECIMIENTO			
ESTACION	LINEA	HORA INICIO	HORA ENTREGA
1	1, 2, 3		
2, 3, 4, 5	1	8:20	8:25
6, 7, 8	1		
5, 4, 3, 2	2	8:26	8:36
9, 10	1, 2, 3		
8, 7, 6	2	8:37	8:44
2, 3, 4, 5,	3		
11	1, 2, 3		
6, 7, 8	3	8:45	8:50
ABASTECIMIENTO	1, 2, 3	8:51	9:12
1	1, 2, 3		
2, 3, 4, 5	1	10:20	10:25
6, 7, 8	1		
5, 4, 3, 2	2	10:26	10:36
9, 10	1, 2, 3		
8, 7, 6	2	10:37	10:44
2, 3, 4, 5,	3		
11	1, 2, 3		
6, 7, 8	3	10:45	10:50
ABASTECIMIENTO	1, 2, 3	10:51	11:12
1	1, 2, 3		
2, 3, 4, 5	1	12:20	12:25
6, 7, 8	1		
5, 4, 3, 2	2	12:26	12:36
9, 10	1, 2, 3		
8, 7, 6	2	12:37	12:44
2, 3, 4, 5,	3		
11	1, 2, 3		
6, 7, 8	3	12:45	12:50
ABASTECIMIENTO	1, 2, 3	12:51	13:12
1	1, 2, 3		
2, 3, 4, 5	1	14:20	14:25
6, 7, 8	1		
5, 4, 3, 2	2	14:26	14:36
9, 10	1, 2, 3		
8, 7, 6	2	14:37	14:44
2, 3, 4, 5,	3		
11	1, 2, 3		
6, 7, 8	3	14:45	14:50
ABASTECIMIENTO	1, 2, 3	14:51	15:12