

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE STEEL
FRAMING EN LA EMPRESA ICON+ DEL ECUADOR, MEDIANTE
DATOS PREDETERMINADOS APLICANDO LA TÉCNICA MOST.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MÁSTER (Msc) EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD.**

BUENAÑO FRANCO PAUL SEBASTIAN

paul.buenano01@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. BUITRÓN FLORES PEDRO ENRIQUE. MSC

pedro.buitron@epn.edu.ec

Quito, julio, 2023

DECLARACIÓN

Yo, Buenaño Franco Paul Sebastian, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Buenaño Franco Paul Sebastian

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Paul Sebastian Buenaño Franco, bajo mi supervisión.



Ing. Pedro Buitrón Flores.Msc

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi madre, Gloria Franco, persona la cual me ha dado su apoyo incondicional desde el inicio de mi jornada, con su amor y cariño, permitiéndome cada día salir adelante, recordándome que no debo mirar atrás y siempre luchar por mis objetivos.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
Descripción de la empresa.	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos.	12
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
1.1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1.1. Steel framing.	13
1.1.2. Materia prima.....	13
1.1.3. Componentes del sistema constructivo.....	14
1.2. PROCESOS PRODUCTIVOS.....	15
1.3. PRODUCTIVIDAD.	18
1.3.1. Medición de la productividad.	19
1.3.2. Variables que influyen en la productividad.....	20
1.4. SISTEMA DE TIEMPOS PREDETERMINADOS.....	21
1.4.1. Ventajas de los sistemas de tiempos predeterminados	21
1.4.2. Desventajas y/o inconvenientes de los sistemas de tiempos predeterminados.	22
1.5. SISTEMA MOST DE TIEMPOS PREDETERMINADOS.....	22
1.5.1. Selección del nivel de MOST más adecuado.....	23
1.5.2. BasicMost.....	23
1.5.2.1. Secuencia general de movimiento.....	24
1.5.2.2. Secuencia de movimiento controlado.....	24
1.5.2.3. Secuencia para el uso de herramientas.	25

1.5.2.4.	Secuencia para el uso de puente grúa.	26
1.6.	UNIDADES DE MEDICIÓN DE TIEMPO (TMU).	26
2.	METODOLOGÍA	27
2.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	27
2.2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.2.1.1.	Materiales.....	29
2.2.1.2.	Métodos	29
3.	PARTE EXPERIMENTAL	31
3.1.	PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	31
3.1.1.	Diseño.	31
3.1.2.	Formado de perfiles.....	32
3.1.3.	Corte de tableros de fibrocemento.....	34
3.1.4.	Ensamblado.....	35
3.1.5.	Emplacado.	37
3.1.6.	Acabado.	39
3.2.	SELECCIÓN DEL NIVEL DE MOST MÁS ADECUADO.....	40
3.2.1.1.	Operación de Corte.	40
3.2.1.2.	Operación de formado.....	40
3.2.1.3.	Operación de ensamblado.....	41
3.2.1.4.	Operación de emplacado.	42
3.2.1.5.	Operación de acabado.	42
3.3.	APLICACIÓN DE BASICMOST EN PROCESOS PRODUCTIVOS.....	44
3.3.1.	Limitantes de la productividad del proceso productivo.	53
3.4.	PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD.....	55
3.4.1.	HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD.....	55
3.4.1.1.	5s (Orden y limpieza)	55

3.4.1.2.	TPM.	56
3.4.1.3.	SMED.....	56
3.4.1.4.	Automatización.....	56
3.4.1.5.	Mejora continua.....	56
3.4.2.	HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN LAS ÁREAS DE TRABAJO..	57
3.4.3.	ANÁLISIS DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE ACTIVIDADES INNECESARIAS.	58
3.4.3.1.	Análisis por proceso.	58
3.4.4.	INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD.....	60
3.4.4.1.	Tiempo de ciclo.	61
3.4.4.2.	Porcentaje de actividades de valor agregado y sin valor agregado. 61	
3.4.4.3.	OEE (Eficiencia Global de Equipos)	63
3.4.4.4.	Takt time.	64
4.	CONCLUSIONES.	66
5.	RECOMENDACIONES.	68
6.	REFERENCIAS.	69
7.	ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos mínimos de recubrimiento.....	14
Tabla 2 Movimientos básicos del sistema de tiempos predeterminados.....	21
Tabla 3 Análisis BasicMost proceso de corte.	45
Tabla 4 Análisis BasicMost proceso de formado.	46
Tabla 5 Análisis BasicMost proceso de armado.	48
Tabla 6 Análisis BasicMost proceso de emplacado.....	50
Tabla 7 Análisis BasicMost proceso de acabado.	52
Tabla 8 Resumen de tiempos de análisis MOST.....	53
Tabla 9 Tiempos de proceso propuestos.	60
Tabla 10 Porcentaje de disminución de tiempos de proceso.....	60
Tabla 11 Tiempo de ciclo de proceso de planta.	61
Tabla 12 Porcentaje de actividades con y sin valor agregado	62
Tabla 13 Porcentaje de actividades con y sin valor agregado	62
Tabla 14 OEE de maquinaria de Steel framing.	63
Tabla 15 Parámetro del OEE de clase mundial.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema constructivo de Steel framing.	14
Figura 2. Símbolos de las categorías de diagramación de procesos.	16
Figura 3. Cursograma sinóptico.	17
Figura 4. Cursograma analítico.	17
Figura 5 Diagnóstico de una tarea.	19
Figura 6 Parámetros de un proceso.	20
Figura 7 Proceso para la selección del nivel MOST más adecuado.	23
Figura 8 Dimensiones de perfil C.	31
Figura 9 Diagrama de proceso de formado.	33
Figura 10 Diagrama de proceso de corte.	35
Figura 11 Diagrama de proceso de ensamblado de estructura.	36
Figura 12 Diagrama de proceso de emplacado de estructura.	38
Figura 13 Diagrama de proceso de acabado.	39
Figura 14 Diagrama de bloques operación de corte.	40
Figura 15 Diagrama de bloques operación de formado.	41
Figura 16 Diagrama de bloques operación de ensamblado.	41
Figura 17 Diagrama de bloques operación de emplacado.	42
Figura 18 Diagrama de bloques operación de acabado.	43
Figura 19 Resumen de actividades.	54
Figura 20 Cortadora CNC de tableros de fibrocemento.	57
Figura 21 Estado actual de proceso productivo.	58
Figura 22 Estado futuro de proceso productivo.	59

RESUMEN

ICON+ es una empresa que se encuentra en el área de construcción, enfocada principalmente en la producción y fabricación de estructuras de steel framing, actualmente la empresa cuenta con varios proyectos en Quito y Guayaquil, el principal objetivo del trabajo de fin de titulación es la realización de una propuesta de mejora de productividad de la planta, a fin de tener la disminución de tiempos muertos y una mayor capacidad de respuesta ante altos flujos de trabajo. La metodología utilizada para determinar los tiempos óptimos de proceso de las diferentes actividades se basa en el método MOST, el cual utiliza secuencias de trabajo y tiempos predeterminados que permiten facilitar el análisis de cada proceso. La aplicación de la metodología permitió determinar los tiempos con los que las tareas deberían estar ejecutándose, así como la propuesta de mejora de la productividad en cada área de trabajo. En el apartado de conclusiones se determinó que el trabajo de fin de titulación cumple con los objetivos planteados.

Palabras clave: Producción, mejora, productividad, procesos, acero.

ABSTRACT

ICON+ is a construction company, mainly focused on the fabrication of steel framing structures, currently the company has projects in Quito and Guayaquil, the main objective of the final degree project is the proposal of improvement the productivity of the plant, in order to have the reduction of downtime and greater responsiveness to high work flows. The methodology used to determine the optimal process times of the different activities is based on the MOST method, which uses sequences and predetermined times that facilitate the analysis of each process. The application of the methodology made it possible to determine the times with which the tasks should be executed as well as the proposal for improving productivity in each work area. In the conclusions section, it was determined that the final degree project fulfills the proposed objectives.

Key words: Production, improvement, productivity, processes, steel.

INTRODUCCIÓN

Descripción de la empresa.

ICON+ es una institución ecuatoriana dedicada a la construcción civil ubicada en la ciudad de Quito, la cual tuvo su fundación dos años atrás, creada mediante una alianza estratégica entre la multinacional ETEX y Cubiertas del Ecuador KUBIEC, alianza en la cual se compartieron las bases de conocimientos para el desarrollo de proyectos dentro del Ecuador, con el objetivo de mejorar el cómo se construye actualmente en el Ecuador mediante una construcción industrializada.

Los productos que entrega ICON+ son:

- Fachadas de edificios.
- Divisiones internas (Wallkit).
- Casas completas con una altura máxima de dos pisos.

Los productos mencionados anteriormente se fabrican en Steel framing, que, a diferencia de la construcción tradicional, no se utilizan bloques ni grandes cantidades de agua en el proceso productivo, la materia prima es el acero galvanizado de grado estructural.

Objetivo general.

- Elaborar una propuesta de mejora de la productividad a fin de estandarizar el proceso productivo y optimizar la producción de la planta ICON+

Objetivos específicos.

- Describir la situación actual de la empresa mediante parámetros de productividad.
- Identificar variables que permitan medir la productividad en cada uno de los procesos de producción existentes en planta.
- Emplear la técnica MOST a fin de realizar una propuesta de mejora de la productividad de planta.
- Analizar el layout de la planta a fin de determinar mejoras en el flujo de trabajo.
- Verificar el impacto de la aplicación del método en la mejora de la productividad.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1. INTRODUCCIÓN.

1.1.1. Steel framing.

El uso de acero conformado en frío tiene como base principal el año de 1939, periodo en el cual el comité de AISI auspicio un estudio en la Universidad Cornell, el mismo que dio como resultado la publicación de la primera edición de “*Especificación para el diseño de miembros estructurales de acero liviano*”. (Goodgion, s. f.)

Durante los años posteriores el uso de acero conformado en frío fue ganando terreno, un ejemplo de esto, durante los años 1950-1960 existió una crisis habitacional, por lo que varias empresas empezaron con el desarrollo y mejora de sistemas de vivienda prefabricados, por lo que el uso de Steel framing permitía una construcción con mayor rapidez y facilidad. (Goodgion, s. f.)

Steel framing es un proceso mediante el cual se conforman con componentes de acero galvanizado (perfiles estructurales), estructuras livianas, pero a la vez resistentes, que permiten construir una edificación, ya sea su aplicación para fachadas, divisiones interiores o a la vez para dar forma a toda la estructura (Consulsteel, s. f.)

1.1.2. Materia prima.

Los componentes de la estructura, también conocidos como perfiles estructurales, según la norma AISI 240-20, “Perfiles estructurales de acero conformados en frío”, indica que deben ser fabricados con acero galvanizado que cumplan los requisitos que se encuentran presentes en la norma ASTM 1003, (American Iron and Steel Institute, 2020), entre los requisitos que menciona la norma se encuentra el espesor, recubrimiento, etc.

1.1.1.1. Espesor.

El espesor con el cual se fabrican los perfiles debe cumplir o exceder los valores mínimos determinados en la memoria de cálculo, considerando que nunca sea menor que el 95% del espesor de diseño. (American Iron and Steel Institute, 2020),

Es importante mencionar que el acero utilizado para la elaboración de perfiles estructurales es de grado 50, lo que significa que deberá tener un límite a la resistencia mínimo de 450 Mpa o 50 Ksi.

1.1.1.2. Recubrimiento ante la corrosión.

Al ser elementos estructurales deben cumplir con los requerimientos de revestimiento de zinc mencionados en la norma ASTM 653, (American Iron and Steel Institute, 2020), en la tabla 2, se puede observar el recubrimiento requerido, teniendo como mínimo el recubrimiento con designación CP 60.

Tabla 1
Requisitos mínimos de recubrimiento.

Designación Recubrimiento	Requisitos Mínimos del Recubrimiento	
	Recubrimiento Zinc ^A g/m ²	55% Al-Zinc ^B g/m ²
CP 60	Z180	AZM150
CP 90	Z275	AZM150

1.1.3. Componentes del sistema constructivo.

El sistema constructivo de Steel framing tiene diferentes componentes lo mismo que cumplen diferentes funciones en el ensamblaje (Jorajuria & Servente, s. f.), en la figura 1 se puede observar un ensamblaje:



Figura 1. Sistema constructivo de Steel framing.
Fuente: (ICON+, s. f.)

1.2. PROCESOS PRODUCTIVOS.

Según la ISO 9000:2015, un proceso es “Conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan entradas para proporcionar un resultado previsto.” (ISO, 2015), considerando que las entradas de un proceso pueden ser las salidas de otro.

En términos de una planta industrial, se puede definir el proceso productivo como “una secuencia de operaciones que transforman materias primas en un producto de mayor valor” (Torrents et al., 2004), todo esto mediante operaciones que añaden valor al proceso.

1.2.1.1. Tipos de procesos.

En la industria existe una amplia gama de procesos productivos, los cuales varían de una empresa a otra, pero en términos generales estos procesos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Según el grado de automatización:
 - Manuales: estos procesos se realizan mediante intervención humana en su totalidad, o utilizando herramientas sencillas, un ejemplo de esto son las operaciones de ensamblaje (Torrents et al., 2004).
 - Automático: en el proceso automático no existe intervención humana de forma directa, todo el proceso es automatizado. (Torrents et al., 2004).
 - Semiautomático: en el proceso se ejecutan tanto tareas automatizadas como manuales.
- Según la frecuencia de ocurrencia:
 - Cíclicos: el producto acabado se genera cada cierto tiempo. (Torrents et al., 2004).
 - Continuos: el producto se genera de forma continua.
 - Semicontinuos: se genera el producto de forma unitaria pero el proceso es continuo. (Torrents et al., 2004).
- Según la naturaleza del flujo productivo:
 - Proceso unidad por unidad: se genera un producto unitario cada cierto tiempo.
 - Proceso por lote: cada cierto tiempo se genera un lote de producción.

- Procesos a velocidad constante: el proceso tiene una velocidad fija, generalmente es controlado de forma automática.

1.2.1.2. Diagramación de procesos.

El diagrama de proceso es un esquema con el cual se describe el proceso, así como la secuencia de pasos que ocurren en la fabricación, permitiendo de esta forma tener una visión general, ya sea en la fase de diseño para definirlo, o para diagnosticar y mejorar los procesos. (Torrents et al., 2004).

En los diagramas de procesos se presentan diferentes tipos de actividades las cuales se clasifican en cinco categorías, cada una de esta cuenta con su propia simbología a fin de poder diferenciarla del resto de categoría. (Sanchis Gisbert, s. f.).

En la figura 2 se puede observar los símbolos asignados a cada categoría y el significado de cada uno de estos.






	Transporte: cualquier operación que implique el desplazamiento del producto de un lugar a otro.
	Almacenaje (o stock): depósito del producto en un lugar fijo durante un periodo de tiempo en general largo
	Espera (parecido al stock): el producto espera un tiempo (en general no muy largo) entre una operación y otra.
	Control: el producto sufre una inspección de cualquier tipo. En general se asocia con comprobaciones de calidad.
	Valor añadido: el producto sufre una transformación que le añade valor.

Figura 2. Símbolos de las categorías de diagramación de procesos.
Fuente: (Torrents et al., 2004).

- **Cursograma sinóptico:** este diagrama permite definir la secuencia de todas las operaciones de forma cronológica, representando las principales operaciones e inspecciones, es ideal para poder entender el proceso de forma general, en la figura 4, se observa un cursograma sinóptico. (Instituto Politécnico Nacional, s. f.)

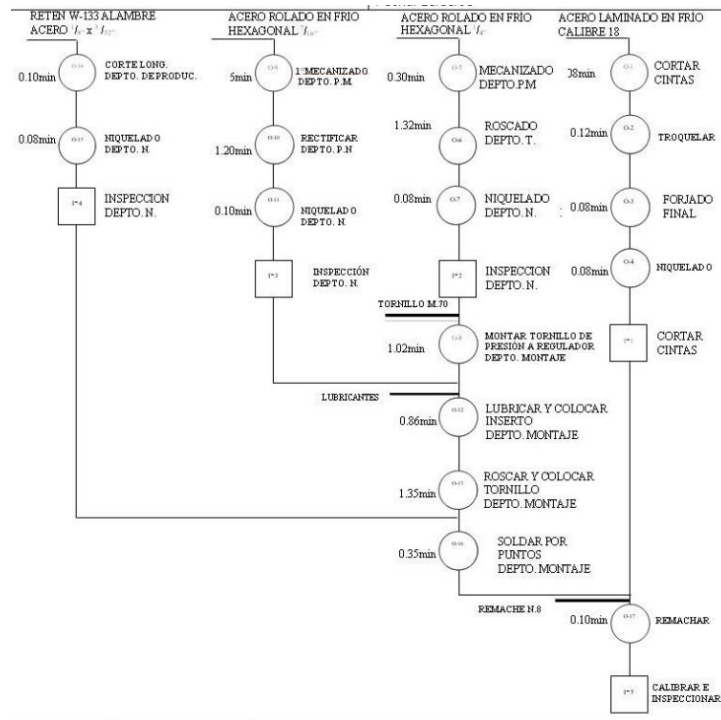


Figura 3. Cursograma sinóptico.
Fuente: (Instituto Politécnico Nacional, s. f.)

- Cursograma analítico:** en este diagrama se representan todas las acciones, ver figura 2, que se presentan durante la ejecución de una tarea, en este se pueden observar los tiempos empleados en cada acción, así como las distancias recorridas, el cursograma analítico es más detallado que el sinóptico ya que permite un mayor registro de información, se pueden elaborar diagramas del operario, material y del equipo, en la figura 5 se observa este diagrama.

Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					
				○	□	◇	➔	▽	
Recepción de la materia prima	100 kg	10,5		●					
Inspección de documentación y de la materia prima		5			●				
Introducción de la información de recepción en el sistema informático		2		●					
Transporte al almacén de materia prima		12,2	10					●	
Almacenamiento de la materia prima	6								●
Preparación de la composición de materiales para la orden de fabricación	75 kg	25		●					
Transporte de los materiales para la orden de fabricación		5,3	4,5					●	
Espera de la fabricación de la orden en la línea de producción		180						●	
Montaje del producto final de la orden de fabricación		75		●					
Embalaje del producto final		64		●					
Transporte del producto final al muelle de carga para expedición		9,6	8						●

Figura 4. Cursograma analítico.
Fuente: (Sanchis Gisbert, s. f.)

1.2.1.3. Tiempos característicos de los procesos.

En los procesos productivos la medición del tiempo es fundamental, ya que esto permite describir y diseñar los procesos, se deben considerar tres parámetros:

- **Tiempo de ciclo (Tc):** se define como el tiempo que pasa entre la fabricación consecutiva de dos unidades, este parámetro es utilizado principalmente en procesos cíclicos y esta relaciona con la capacidad del proceso, ya que la capacidad es el inverso de este. (Torrents et al., 2004).
- **Tiempo de proceso (Tp):** es el tiempo que se requiere para producir una unidad de un producto en un proceso en específico.
- **Tiempo de flujo (Tf):** este tiempo se define como “el tiempo que le cuesta al componente que tenga un recorrido mayor atravesar el proceso productivo completo desde principio hasta el fin, cuando este se encuentra funcionando en régimen estacionario” (Torrents et al., 2004).
- **Takt time:** está relacionado directamente con la demanda del mercado, este tiempo mide el ritmo al cual los productos se debería fabricar a fin de poder cumplir la demanda del cliente sin incurrir en retrasos. El Takt time debe ser controlado adecuadamente ya que si se tiene un ritmo mayor se superará la demanda, mientras si se tiene un ritmo menor, nunca se logrará suplir los requerimientos.

1.3. PRODUCTIVIDAD.

Tener un concepto claro de lo que es productividad, como medirla y la importancia dentro en la empresa para poder lograr objetivos es fundamental, siendo este indicador uno de los más destacados en la evaluación del desempeño de instituciones (BBVA MEXICO, 2022).

La productividad se puede definir en breves términos como la relación que existe entre la producción con respecto a los recursos que se utilizaron durante el proceso, en pocas palabras, la productividad se encarga de medir la eficiencia con la que se están utilizando insumos (entradas) para producir un determinado producto (salidas) (OECD, s. f.).

Es importante diagnosticar las operaciones que se presentan en las empresas, a fin de determinar, que causantes influyen en los tiempos de ejecución de estas, en la figura 6 se puede observar que parámetros puede afectar en la ejecución de las tareas.

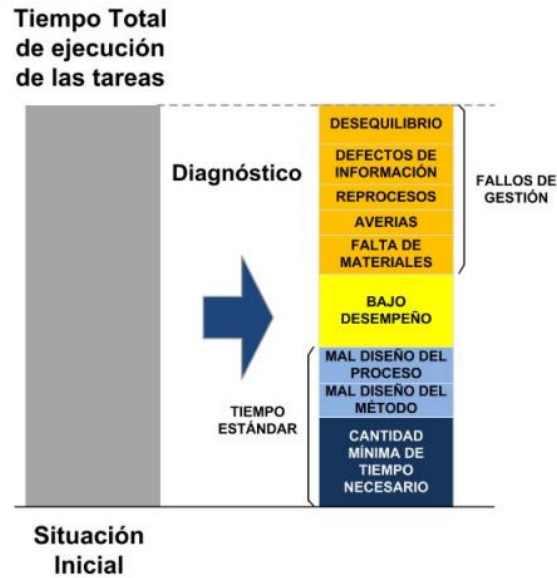


Figura 5 Diagnóstico de una tarea.
Fuente: (Zadecan, s. f.)

1.3.1. Medición de la productividad.

La forma más adecuada para que las organizaciones puedan crecer y aumentar las ganancias se puede lograr a través del incremento de productividad, en el libro de de Niebel menciona que “La mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida” (Niebel & Freivalds, 2009).

La medición se la puede realizar considerando un solo factor o varios factores (Heizer & Render, 2009):

- **Productividad de un solo factor:** este tipo de productividad se enfoca en una medición directa, por lo que solo se considera un factor, un ejemplo de esto son las unidades producidas por hora-hombre, en la ecuación 1 se puede observar el cálculo de la productividad de formar directa (Heizer & Render, 2009).

$$\text{Ecuación 1} \quad \text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Insumo empleado.}}$$

- **Productividad de múltiples factores:** conocida como productividad de factor total e indica la relación existente entre todos los recursos de entrada con respecto a las salidas generadas (Heizer & Render, 2009). En la ecuación 2 se puede observar la fórmula de cálculo para la productividad de múltiples factores, es importante mencionar que, al tener diferentes factores involucrados, estos deben ser expresados en una misma unidad, lo más común es expresar en término de dólares, euros, etc.

Ecuación 2
$$Productividad = \frac{Salida}{Mano\ de\ obra + material + energía + capital + otros.}$$

1.3.2. Variables que influyen en la productividad.

En la productividad intervienen tres parámetros, mano de obra, capital, administración, en la figura 7 se puede observar cómo estos intervienen.

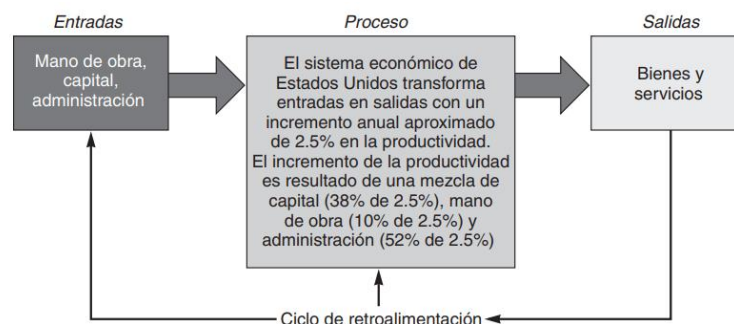


Figura 6 Parámetros de un proceso.
Fuente: (Zadecan, s. f.)

- **Mano de obra:** según estadísticas, anualmente contribuye el 10% del incremento de la productividad (Heizer & Render, 2009), por lo que es importante mantener un personal motivado y con entrenamiento continuo a fin de tener colaboradores que cumplan con las habilidades requeridas para desempeñar las tareas diarias de producción.
- **Capital:** la inversión de capital en los trabajadores por parte de las empresas se relaciona directamente con el aumento de la productividad, ya que, al

tener las herramientas y elementos necesarios, los operadores podrán cumplir con los tiempos de producción requeridos. (Heizer & Render, 2009).

- **Administración:** la mitad del aumento de productividad en una institución depende de las decisiones de la administración, ya que esta se encarga de velar que tanto el capital como los diferentes recursos presentes, sean utilizados de forma correcta, además de implementar mejoras continuas.

1.4. SISTEMA DE TIEMPOS PREDETERMINADOS.

Son un conjunto de tiempos que se asignan a los movimientos básicos del trabajo, siendo el resultado de un estudio de varias muestras de operaciones, estas se pueden combinar hasta formar operaciones completas, permitiendo de esta manera tener una cuantificación del tiempo sin el uso del cronómetro. (Criollo, 2005)

Este sistema tiene como base cinco movimientos básicos que se pueden combinar entre estos y con otros movimientos del cuerpo (Kanawaty, 1995)., en la tabla 3 se pueden observar los movimientos básicos del sistema de tiempos predeterminados.

Tabla 2

Movimientos básicos del sistema de tiempos predeterminados.

Movimiento	Descripción
ESTIRAR EL BRAZO	Mover la mano hasta el punto de destino
AGARRA (O ASIR)	Obtener el dominio del objeto con los dedos
TRASLADAR	Cambiar el objeto de lugar
COLOCAR	Alinear objetos y ajustar unos en otros
SOLTAR	No sujetar más el objeto
MOVIMIENTOS DEL CUERPO	Movimientos de las piernas y del tronco

1.4.1. Ventajas de los sistemas de tiempos predeterminados

Este sistema tiene algunas ventajas las cuales se presentarán a continuación (Kanawaty, 1995):

- A cada movimiento se le asigna un tiempo, sin importar el lugar en el que se realice la actividad.
- En este sistema se pueden obtener tiempos con mayor coherencia, ya que se realiza una evaluación directa de la secuencia de actividades.

- Los tiempos de los procesos se pueden establecer incluso en la etapa de diseño.
- Los costos aproximados de producción se pueden calcular a fin de tener presupuestos.

1.4.2. Desventajas y/o inconvenientes de los sistemas de tiempos predeterminados.

Este sistema presenta inconvenientes los cuales se presentarán a continuación (Kanawaty, 1995):

- Este tipo de métodos son complejos y requieren de experiencia para poder aplicarlos.
- Puede ocurrir situaciones en las que se dé el mismo tiempo para actividades similares, pero con pequeñas diferencias, como por ejemplo el movimiento de un vaso lleno y un vaso vacío.
- En este tipo de sistemas no se considera la dirección del movimiento, por ejemplo, movimientos ascendentes y descendentes.

1.5. SISTEMA MOST DE TIEMPOS PREDETERMINADOS.

Un trabajo eficiente se realiza cuando las diferentes actividades de un proceso se ejecutan siguiendo un patrón predeterminado, la técnica MOST se basa en este concepto, en la que se considera un conjunto de movimientos fundamentales, descritos todos mediante un modelo de secuencia universal. (Zandin & Schmidt, 2020)

El método MOST, presenta tres diferentes niveles de aplicación del método, MaxiMost, BasicMost y MiniMost: (Niebel & Freivalds, 2009)

- **MaxiMost:** es utilizado para operaciones que presenten un ciclo largo de operación, no sean repetitivas y que se realicen menos de 150 veces a la semana, están pueden ir entre 2 minutos y varias horas de duración.
- **BasicMost:** para que se pueda aplicar este nivel de MOST las actividades se deben realizar entre 150 y 1500 veces a la semana, teniendo una duración desde pocos segundos hasta 10 minutos de duración. (Zandin & Schmidt, 2020)
- **MiniMost:** generalmente se utiliza cuando requiere analizar detalladamente actividades con ciclos cortos de operación con una duración entre pocos

segundos hasta 1.6 minutos, las mismas que se repiten más de 1500 veces a la semana.

1.5.1. Selección del nivel de MOST más adecuado.

En la figura 16 se observa el diagrama para el proceso de selección del método a utilizar con cada uno de los procesos que conforman la planta.

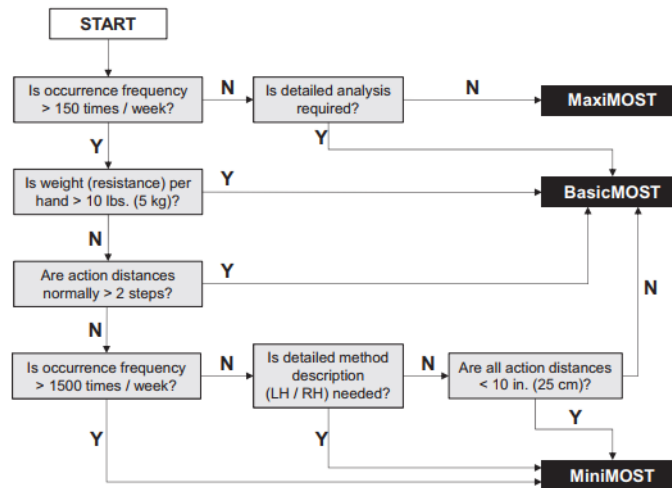


Figura 7 Proceso para la selección del nivel MOST más adecuado.
Fuente: (Zandin & Schmidt, 2020)

1.5.2. BasicMost.

El sistema BasicMost, se puede aplicar en la medición del trabajo en gran variedad de industrias, según el método MOST, un objeto se puede mover de dos maneras, se puede levantar y moverse libremente o puede moverse en contacto con cualquier otra superficie, lo que para describir el trabajo manual se pueden utilizar cuatro modelos fundamentales de secuencia de movimientos y una quinta secuencia que se utiliza cuando los objetos se mueven mediante una grúa:(Maynard & Zandin, 2001)

- **Secuencia general de movimiento:** se usa para el movimiento libre de un objeto a través del aire.
- **Secuencia de movimiento controlado:** se usa para el movimiento de un objeto cuando este se mantiene en contacto con una superficie o está sujeta a otro objeto durante el movimiento.
- **Secuencia para el uso de herramientas:** para el uso de herramientas manuales comunes.

- **Secuencia del uso de equipos de trabajo:** se utiliza para analizar tareas administrativas comunes.
- **Secuencia para el uso de grúa:** este modelo permite describir el movimiento de objetos pesados mediante el puente grúa.

1.5.2.1. Secuencia general de movimiento.

Esta secuencia representa el desplazamiento de uno o más objetos bajo el control manual, sin seguir un patrón restringido a través del aire, la secuencia general de movimiento consta de 4 parámetros que representan 4 subactividades, las mismas que conforman las 3 fases de la secuencia.

- Tomar: A B G
- Poner: A B P
- Regresar: A

Donde los parámetros son:

- A: Acción de distancia.
- B: Movimiento del cuerpo.
- G: Ganar control.
- P: Ubicar.

Cada uno de los parámetros mencionados tienen subíndices, los cuales se usan dependiendo de la actividad que se está evaluando.

1.5.2.2. Secuencia de movimiento controlado.

Esta secuencia se utiliza cuando un objeto se mueve sobre un patrón definido, siendo este restringido al menos en una dirección por el contacto de otro objeto o por la misma naturaleza del trabajo a realizar.

La secuencia se compone de tres fases principales, a diferencia del movimiento general, este modelo consta de tres parámetros adicionales, las fases son:

- **Tomar:** A B G
- **Mover o actuar:** M X I
- **Regresar:** A

Donde los parámetros son:

- **M:** Movimiento controlado.

- **X:** Tiempo de proceso.
- **I:** Alineación.

Al igual que en el movimiento general, a cada parámetro se le pueden asignar subíndices.

1.5.2.3. Secuencia para el uso de herramientas.

Esta secuencia se utiliza cuando interviene el uso de herramientas, equipos de medición, etc., en las actividades manuales de los operadores, a pesar de que el uso de herramientas puede ser analizado con el modelo controlado y general, el modelo de uso de herramientas presenta parámetros precisos los cuales fueron desarrollados específicamente para este análisis.

Este modelo se puede representar en 5 fases, las cuales utilizan parámetros similares a los otros modelos, pero en la tercera fase se añade los 7 parámetros del uso de herramientas:

- **Tomar la herramienta u objeto:** A B G
- **Colocar la herramienta u objeto en su lugar:** A B P
- **Acción de la herramienta:** *
- **Colocar la herramienta u objeto a un lado:** A B P
- **Regresar:** A.

En la fase de acción de herramienta donde se encuentra el asterisco (*) se pueden colocar los siguientes parámetros:

- **F:** Ajustar.
- **L:** Aflojar.
- **C:** Cortar.
- **S:** Tratamiento de superficie.
- **M:** Medir.
- **R:** Grabar,
- **T:** Pensar.

Al igual que los otros modelos, cada parámetro tiene un índice, el cual se utiliza dependiendo de la actividad que este realizando el operador.

1.5.2.4. Secuencia para el uso de puente grúa.

Esta secuencia se utiliza para el movimiento de objetos a través de una grúa de desplazamiento manual, este modelo consta de una sola fase, en la cual intervienen varios parámetros:

Fase de movimiento: A T K F V L V P T A

Donde:

- **T:** Transporte sin carga
- **K:** Enganche y desenganche.
- **F:** Objeto libre del entorno, pallets, etc.
- **V:** Movimiento vertical.
- **L:** Movimiento con carga.

1.6. UNIDADES DE MEDICIÓN DE TIEMPO (TMU).

En un estudio de tiempos predeterminados, se utilizan las unidades de tiempo similares a las que se usan en los sistemas MTM, estas unidades se llaman TMU, 1 TMU, es equivalente a 0,00001 horas, a continuación, se puede observar la conversión de unidades:

- 1 TMU: 0,00001 horas
- 1 TMU: 0,0006 minutos
- 1 TMU: 0,036 segundos
- 1 hora: 100000 TMU
- 1 minuto: 1667 TMU
- 1 segundo: 27,8 TMU

En cada una de las secuencias de BasicMOST, los tiempos en TMU, se calculan mediante la multiplicación por 10 de la suma de los subíndices utilizados, sin importar la secuencia utilizada, el cálculo siempre será el mismo.

2. METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El proyecto de titulación, titulado, “Propuesta de mejora de la productividad en el proceso de producción de estructuras de steel framing en la empresa ICON+ del Ecuador, mediante el uso de datos predeterminados aplicando la técnica MOST “. , presenta un enfoque cuantitativo, este es secuencial, lo que significa que cada una de las etapas precede a la anterior y se deben cumplir rigurosamente (Sampieri, 2014), en este tipo de enfoque se presentan dos tipos de diseños, experimental y no experimental.

El diseño experimental será el que se aplicará para el desarrollo y ejecución del trabajo de titulación, en este tipo de diseño las variables independientes del proceso se manipulan de manera intencional a fin de verificar las consecuencias generadas en variables dependientes en una situación controlada (Sampieri, 2014). El estudio cuenta con variables las cuales se deben definir a fin de determinar la influencia de estas en el proceso.

El presente trabajo de titulación se desarrollará en varias etapas consecutivas, según Sampieri (2014), las investigaciones enfocadas en un campo determinado pueden presentar alcances distintos en cada etapa del proyecto. Esencialmente, el este se encontrará dividido en cuatro partes o etapas, en las que se abarcan todos los pasos a seguir para conseguir los objetivos del proyecto.

La primer etapa denominada “Análisis del proceso de producción de estructuras mediante Steel framing.”, tiene un alcance descriptivo, este tipo de alcance es la base para los estudios correlacionales (Sampieri, 2014), la importancia del alcance descriptivo es que permitirá recolectar información, tener un esquema general de variables involucradas en el proceso y los conceptos, lo cual será de importancia para el desarrollo del trabajo de titulación, en esta etapa se utilizarán dos herramientas, observación estructurada, la cual se enfocará principalmente en la visualización de los diferentes procesos que forman parte de la producción y armado de estructuras de Steel framing, además de la familiarización del método de trabajo con el cual se ejecutan las actividades, mientras que la segunda herramienta consistirá en la hoja de recolección de datos, esta herramienta permite reunir datos para un futuro análisis de estos, este tipo de herramienta servirá para

recolectar información de los parámetros presentes en el proceso, y las condiciones en las que estos estarán configurados durante la operación de la máquina.

La segunda, tercera y cuarta etapa presentan un alcance correlacional ya que este tipo de estudios tienen como objetivo conocer la relación que se presenta entre las variables que se encuentran involucradas en los procesos y como estas se podrán comportar al conocer cómo se comportan otras variables dependientes de estas.

La segunda etapa denominada “Toma de datos y levantamiento de procesos de planta” Presenta tres herramientas fundamentales para lograr los objetivos específicos relacionados con esta etapa, la observación estructurada, la matriz de recolección de datos y formatos específicos del levantamiento de tiempos de procesos y métodos de trabajo, herramientas las cuales servirán para un adecuado registro de los parámetros de los procesos, lo que permitirá determinar cuál de los parámetros tiene una mayor influencia en cada una de las etapas.

En la tercera etapa la cual se denomina “Uso de datos predeterminados aplicando la técnica MOST.” Se utilizarán herramientas propias de ingeniería industrial específicamente de productividad, las mismas permitirán determinar el estado del proceso productivo y determinar propuestas de mejora, el método específico que se utilizará es MOST, el cual es un sistema predeterminado, que permite realizar el análisis de operaciones manuales y mediante equipos, este método se basa en actividades fundamentales, las cuales son combinaciones de movimientos que permiten analizar la manipulación de elementos, en la revisión del método MOST en la revista internacional de investigación y desarrollo en tecnología del año 2017, menciona que este método aplicado correctamente puede reducir el tiempo de ciclo de una operación entre el 50% y 60%. (Gadakh, et al., 2017)

La cuarta etapa denominada “Propuesta para la optimización de los procesos productivos.”, en esta etapa al igual que la anterior, se utilizarán herramientas de ingeniería industrial, a fin de proponer mejorar y verificar el impacto de estas en la productividad de la planta.

Cada una de las etapas presentes en el proyecto de titulación se deberán ejecutar adecuadamente y de forma cronológica, a fin de cumplir con los objetivos específicos propuestos.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.2.1.1. Materiales

Se caracterizarán los procesos productivos que conforman la planta industrial de ICON+ mediante el estudio de los tiempos característicos aplicando la técnica MOST de tiempos estándar.

Los procesos que serán caracterizados son:

- Corte de tableros de fibrocemento.
- Formado de perfiles.
- Ensamblado de estructuras.
- Emplacado de estructuras.
- Acabado de paredes.

2.2.1.2. Métodos

El desarrollo del trabajo de titulación se ejecutó en varias etapas en las cuales en cada una de estas se fueron aplicando diferentes herramientas y/o métodos para la recolección y análisis de datos, permitiendo cumplir los objetivos establecidos al inicio de este.

Para la recolección de inicial de datos sobre los diferentes procesos que conforman la planta se revisó información documental proporcionada por la empresa, en la cual se detallaban como ejecutar los procesos y los pasos a seguir de los mismos, así como la observación en campo, a fin de comprender de primera mano el desarrollo de cada actividad.

El estudio del proceso de producción fue parte fundamental para la utilización de la técnica MOST, ya que de esta forma se logró tener una visión más amplia de los procesos que se ejecutan en la planta industrial, esta etapa se desarrolló netamente mediante observación.

En la aplicación específica del método de tiempos predeterminados, se utilizó el método MOST, el cual se explica en la sección 1.5, para poder aplicar la metodología, en primera instancia se determinó, mediante el diagrama de la figura 1.6, el nivel de MOST más adecuado para cada uno de los procesos presentes en la planta.

Una vez seleccionado el nivel de MOST para los procesos, se procedió a realizar la evaluación de cada uno de estos mediante el uso de la tabla de análisis de BASICMOST, esta tabla se presentan las secuencias que existen en este nivel de MOST, permitiendo de esta forma seleccionar la más adecuada para cada actividad, es importante mencionar que este tipo de tabla permite realizar la sumatoria de los TMU totales de cada proceso.

Una vez determinados los tiempos característicos de los procesos se realizó una propuesta de mejora de la productividad de la planta.

En la verificación del impacto del modelo propuesto se planteó un estado futuro mediante disminución de actividades sin valor agregado en el proceso productivo, permitiendo realizar un análisis numérico en el cual se refleja el impacto de las mejorar propuestas.

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. PROCESO DE PRODUCCIÓN.

El proceso productivo cuenta con las siguientes etapas:

- Diseño e ingeniería.
- Formado de perfiles.
- Corte de tableros de fibrocemento.
- Armado de estructura.
- Emplacado.
- Acabado.

3.1.1. Diseño.

El primer paso del proceso de producción de estructuras de Steel framing es el diseño, esta etapa es importante ya que se integran los requerimientos arquitectónicos, del cliente, regulaciones o leyes de construcción, presupuesto, así como los requerimientos estructurales. (SteelConstruction, s. f.)

Para el diseño de las estructuras se tienen perfiles de diferentes tipos, como se mencionó en el apartado 1.1.3., y dimensiones las cuales varían en el alma del perfil, las dimensiones de alma que se pueden fabricar en la maquinaria actual de la empresa son de 89 mm, 101 mm, 138 mm, 150 mm y 201 mm, en la figura 9 se pueden observar las diferentes dimensiones que conforman un perfil galvanizado tipo C.

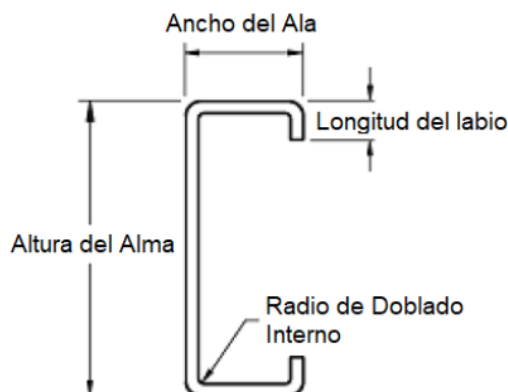


Figura 8 Dimensiones de perfil C.
Fuente: (American Iron and Steel Institute, 2020)

Además de presentar variación en las dimensiones según el tipo de perfil a ser fabricado, en el diseño se pueden considerar varios espesores de material base, en la empresa ICON+ se diseña principalmente con tres espesores:

- 0.75 mm: usada generalmente en aplicaciones denominadas wallkit, las cuales son las divisiones interiores (paredes) de las casas o edificios.
- 0.90 mm: usado en fachadas, las cuales son las paredes externas de la estructura.
- 1.10 mm: al igual que el espesor de 0.90 mm, se utilizan en fachadas, dependiendo el cálculo de diseño se seleccionará el espesor 0.90 mm o 1.10mm.

3.1.2. Formado de perfiles.

Una vez realizado el diseño de las diferentes paredes y/o elementos que conforman la estructura a ser construida se procede a la etapa de producción de los perfiles, en la cual según los requerimientos de ingeniería se prepara la maquinaria a ser utilizada en la fabricación.

Según el tipo de perfil a ser producido se genera la orden de producción, en la planta de ICON+ se presentan actualmente dos máquinas formadoras de perfiles, la selección de la maquinaria depende del ancho del alma del perfil a ser fabricado, en la figura 10 se observa el diagrama del proceso de formado.











DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO		Página	1/1			
Elaborado por: Buenaño Franco Paul Proceso: Formado de perfiles Fecha: 13/12/2022		SÍMBOLO	ACTIVIDAD			
			Operación	2		
			Transporte	6		
			Inspección	4		
			Espera	1		
			Almacenaje	0		
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	SÍMBOLOS PROCESOS				
						
1	Caminar 3-4 pasos para verificar la orden de producción, caminar 3-4 pasos para regresar a la maquinaria.		●			
2	Camina 5-7 pasos hacia la zona de almacenamiento materia prima		●			
3	Caminar 3-4 pasos para tomar el control del puente grúa, mover la grúa 3 metros y elevar el fleje seleccionado		●			
4	Calibración de la maquina.			●		
5	Caminar 3-4 pasos hacia el panel de control de la maquina.				●	
6	Activar maquinaria para empezar la producción	●				
7	Elaborar perfiles	●				
8	Tomar un perfil fabricado, caminar 1-2 pasos y colocarlo en la mesa de control de calidad, tomar el calibrador vernier y realizar 3 mediciones, (alma, labio, ala)			●		
9	Tomar el flexómetro y medir la longitud del perfil del paso 7, caminar 1-2 pasos y retornar el perfil a la mesa de fabricación.			●		
10	Tomar los perfiles fabricados caminar 1-2 pasos y colocarlos en el carro de transporte, caminar 1-2 pasos para regresar a la mesa y tomar mas perfiles.		●			
11	Caminar 1-2 pasos y empujar 3 metros el carro de transporte hacia la zona de armado de material, caminar 5-7 pasos para regresar al área de trabajo.		●			
12	Apagar la máquina, en el panel de control			●		
13	Caminar de 5-7 pasos alrededor de la máquina para cortar la energía eléctrica, caminar 8-10 pasos para regresar a la mesa de reporte.		●			

Figura 9 Diagrama de proceso de formado.
 Fuente: (Elaboración propia)

Es importante destacar que las máquinas formadoras de perfiles tienen la tecnología de control numérico por computador (CNC), lo que significa que los

elementos son fabricados con alta precisión y bajas tolerancias de fabricación, lo que significa la reducción de tiempos tanto por fabricación como en la instalación de las paredes.

En cada etapa del proceso de conformado de perfiles se realizan controles de calidad a fin de cumplir con los requerimientos y tolerancias de la norma AISO 240-20, las dimensiones que se verifican en el control de calidad son las que se pueden observar en la figura 9.

3.1.3. Corte de tableros de fibrocemento.

El corte de tableros se realiza partiendo de planchas de fibrocemento con medidas estándar de 1200 mm x 2400 mm con espesores que varía según los requerimientos del cliente, 6mm, 8 mm y 10 mm, a estos tableros se los corta en diferentes dimensiones, las mismas que dependen del elemento que se va a emplacar.

El proceso de corte inicia con la marcación de los tableros según los diagramas que se encuentran en la orden de corte, una vez realizado este paso, se procede a cortar cada uno de los tableros marcados.

El proceso de corte termina con la colocación de una fina capa química sobre los tableros de fibrocemento a fin de sellar los poros presentes originalmente en el fibrocemento, en la figura 11 se puede observar el diagrama de flujo del proceso de corte.











DIAGRAMA DE FLUJO PROCE+C2: J23SO						
		Página	1/1			
Elaborado por: Buenaño Franco Paul Proceso: Corte de fibrocemento. Fecha: 13/12/2022		SÍMBOLO	ACTIVIDAD			
			Operación	6		
			Transporte	6		
			Inspección	0		
			Espera	0		
			Almacenaje	0		
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	SÍMBOLOS PROCESOS				
						
1	Caminar 3-4 pasos para tomar la tablet, caminar 3-4 pasos para retornar a la estación.		●			
2	Caminar 3-4 pasos para tomar elementos de medición y marcaje.		●			
3	Caminar 5-7 pasos a la zona de almacenamiento de placas de fibrocemento.		●			
4	Usar el flexómetro para tomar medidas preliminares de los cortes, moviéndose 3-4 pasos alrededor de la mesa de preparación.	●				
5	Usar el lápiz para realizar marcas preliminares de corte, inclinándose sobre la plancha.	●				
6	Mediante el uso del timbrador realizar la marcación de las líneas de corte, inclinándose sobre la plancha, moviéndose 1-2 pasos por marca.	●				
7	Transportar la plancha manualmente de la zona de marcado a la mesa de corte.		●			
8	Moverse 1-2 pasos, alinear la plancha con la mesa de corte	●				
9	Mover la plancha en dirección de la línea marcada para proceder con el corte mediante sierra automática.	●				
10	Cortar de tablero de fibrocemento	●				
11	Reposicionar la plancha y alinearla para un nuevo corte.		●			
12	Mover los cortes de fibrocemento caminando 5-7 pasos a la zona de espera.		●			

Figura 10 Diagrama de proceso de corte.
 Fuente: (Elaboración propia)

3.1.4. Ensamblado.

Con los perfiles fabricados anteriormente se procede al ensamblado de estos según los planos de fabricación, en estos planos realizados por ingeniería se detalla las

dimensiones de la estructura, la ubicación de los perfiles y el peso total aproximado del ensamblaje es importante mencionar que este tipo de estructuras se ensamblan mecánicamente mediante tornillos, en la figura 12 se observa el diagrama de flujo del proceso de ensamblado de estructura.

DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO		Página				
Elaborado por: Buenaño Franco Paul Proceso: Ensamblado de estructuras Fecha: 13/12/2022		1/1				
		SÍMBOLO		ACTIVIDAD		
			Operación	8		
			Transporte	5		
			Inspección	0		
			Espera	0		
	Almacenaje	0				
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	SÍMBOLOS PROCESOS				
1	Caminar 5-7 pasos para verificar los planos de armado, tomar la tablet y retornar 5-7 pasos a la mesa de armado		●			
2	Caminar 3-4 pasos hacia el coche de transporte de perfiles, tomar los perfiles de una pared, caminar 3-4 pasos para regresar a la mesa de armado, colocar perfiles sobre la mesa.		●			
3	Tomar perfiles horizontales, caminar 3-4 pasos alrededor de la mesa e ir ubicandolos de forma preliminar según el plano de armado, camianar 3-4 pasos para regresar al coche de transporte.		●			
4	Tomar perfiles verticales caminar 1-2 pasos y deslizarlos dentro de la estructura a travez de las guías de los perfiles horizontales, caminar 1-2 pasos para regresar al coche de transporte.		●			
5	Caminar 8-10 pasos para tomar la atornilladora automatica, caminar 8-10 pasos para regresar a la mesa de armado.		●			
6	Caminar 16-20 pasos hacia bodega para tomar la caja de tornillos de armado, caminar 16-20 pasos para regresar a mesa de armado.		●			
7	Colocar la tira de tornillos (50), en la atornilladora automática.		●			
8	Tomar la atornilladora automática, ajustar 5 tornillos separados 50 cm cada uno del primer perfil horizontal.		●			
9	Tomar la atornilladora automática, caminar 1-2 pasos y ajustar 5 tornillos separados 50 cm cada uno, de los perfiles horizontales.		●			
10	Tomar la pared pre armada, moverla hacia el filo de la mesa de armado, voltearla y colocarla del lado que no esta atornillada sobre la mesa de armado.		●			
11	Tomar la atornilladora automática, ajustar 5 tornillos separados 50 cm cada uno del primer perfil horizontal.		●			
12	Tomar la atornilladora automática, caminar 1-2 pasos y ajustar 5 tornillos separados 50 cm cada uno, de los perfiles verticales.		●			
13	Con ayuda de otra persona, transportar la pared armada hacia la zona de emplacado.		●			

Figura 11 Diagrama de proceso de ensamblado de estructura.
Fuente: (Elaboración propia)

3.1.5. Emplacado.

Consta de dos etapas, los cuales se pueden realizar tanto en la planta de producción como en la obra, el primer paso es colocar la barrera de vapor sobre el lado de la estructura en el cual se va a emplacar.

La segunda etapa consiste en la instalación de los tableros de fibrocemento, cortados previamente, sobre la estructura, según la disposición que se encuentra en los planos de emplacado, este proceso se debe realizar con extremo cuidado y siguiendo las recomendaciones del manual técnico de superboard, el principal parámetro a ser considerado es la distancia de la ubicación de los tornillos en las esquinas, si estas son iguales formarán un ángulo de 45° provocando que la placa se fracture (Skinco Colombit, s. f.), en la figura 13 se observa el diagrama de flujo del proceso de emplacado de estructura.

DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO						
		Página	1/1			
Elaborado por: Buenaño Franco Paul Proceso: Emplacado de estructura. Fecha: 13/12/2022		SÍMBOLO	ACTIVIDAD			
			Operación	6		
			Transporte	7		
			Inspección	1		
			Espera	1		
			Almacenaje	0		
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	SÍMBOLOS PROCESOS				
1	Caminar 5-7 pasos para verificar los planos de emplacado, tomar la tablet y retornar 5-6 pasos a la zona de emplacado.		●			
2	Caminar 3-4 pasos donde se encuentran las estructuras ensambladas, con otro operador transportar las paredes a las mesas de emplacado.		●			
3	Caminar 8-10 pasos hacia el carro de placas de corte de fibrocemento, empujar el carro de fibrocemento hacia la zona de emplacado.		●			
4	Caminar 3-4 pasos, tomar las placas según el número marcado del plano de emplacado, caminar 3-4 pasos y colocar la placa sobre la estructura.	●				
5	Tomar la placa que se encuentra en la estructura, caminar 1-2 pasos para ubicarla en la posición según el plano de emplacado.	●				
6	Caminar 3-4 pasos, tomar el flexómetro y el timbrador, caminar 3-4 pasos para retornar al para de trabajo.		●			
7	Caminar 1-2 pasos, con el flexómetro realizar la medición y verificación de la posición de las placas con respecto a la estructura.			●		
8	Caminar 3-4 pasos, tomar la atornilladora automática, caminar 3-4 pasos para regresar a la mesa de emplacado.		●			
9	Caminar 1-2 pasos, con la atornilladora automática ajustar tornillos en la placa de fibrocemento cada 300 mm, alrededor de toda la placa. (20 tornillos)	●				
10	Caminar 1-2 pasos, con la atornilladora automática ajustar tornillos en la placa de fibrocemento cada 300 mm, alrededor de toda la placa (10 tornillos).	●				
11	Caminar 11-15 pasos hacia la bodega, tomar una caneca de wather seal, rodillo y cinta malla, caminar 11-15 pasos para regresar al área de emplacado.		●			
12	Tomar la cintala malla, caminar 5-7 pasos alrededor de la mesa de emplacado, colocar la cinta malla en las juntas, inclinándose sobre la mesa.	●				
13	Tomar el rodillo y meterlo en a caneca de weather seal, caminar 3-4 pasos, y sellar las juntas de las placas inclinándose sobre la mesa.	●				
14	Tiempo de espera de secado de weather seal.				●	
15	Con otro operador, mover las estructuras emplacadas a la zona de almacenamiento.		●			

Figura 12 Diagrama de proceso de emplacado de estructura.
 Fuente: (Elaboración propia)

3.1.6. Acabado.

Esta es la última etapa del proceso de producción, para el acabado se utiliza un insumo específico denominado basecoat, es un mortero cementicio diseñado tanto para interiores como exteriores, el cual previene la penetración de agua a los tableros de fibrocemento (INTACO Ecuador, 2020).

Una vez que se tienen las estructuras emplacadas se proceden a colocar en el módulo de acabado el cual permite de una manera más eficiente, la colocación del basecoat sobre las paredes emplacadas con fibrocemento, en la figura 14 observa el diagrama de flujo del proceso de acabado.











DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO		Página		1/1		
Elaborado por: Buenaño Franco Paul Proceso: Acabado Fecha: 13/12/2022		SÍMBOLO		ACTIVIDAD		
			Operación	3		
			Transporte	3		
			Inspección	0		
			Espera	2		
			Almacenaje	0		
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	SÍMBOLOS PROCESOS				
						
1	Caminar 5-6 pasos para verificar la orden de acabado, tomar la tablet y retornar 5-6 pasos a la zona de				●	
2	Caminar 11-15 pasos hacia el puente grúa, mover el puente grúa hacia la zona de almacenamiento, asegurar una pared, levantarla 3 metros, mover horizontalmente el puente 5 metros, hasta el modulo de acabado, alineado la pared con el módulo con varios ajustes, regresar con el puente a la zona de almacenamiento.		●			
3	Caminar 3-4 pasos a la zona de almacenamiento, tomar una caneca, basecoat y caminar 3-4 pasos a la zona de mezclado.				●	
4	Preparacion de basecoat.	●				
5	Caminar 5-7 pasos con el basecoat preparado hacia el módulo de acabado.		●			
6	Dar la primer capa de basecoat y esperar tiempo de secado.	●				
7	Dar la segunda capa de basecoat y esperar el tiempo de secado.	●				
8	Caminar 8-10 pasos hacia el puente grúa mediante el uso de este mover la pared 4 metros hacia el módulo de despacho de paredes acabadas, caminar 8-10 pasos para regresar a la zona de acabado.		●			

Figura 13 Diagrama de proceso de acabado.
Fuente: (Elaboración propia)

3.2. SELECCIÓN DEL NIVEL DE MOST MÁS ADECUADO.

Para poder determinar el nivel de MOST más adecuado se utilizará el diagrama de la figura 1.6, en el que se encuentran las pautas que permitirán seleccionar para cada uno de los procesos, el nivel de MOST que más se adecue a estos, los pasos para aplicar el método son: (Zandin & Schmidt, 2020):

- 1) Determinar la secuencia correcta de modelo a ser usada.
- 2) Determine el valor del índice para cada parámetro.
- 3) Evite pasar por alto cualquier otro objeto que este en movimiento.
- 4) Aplicar el método MOST de forma coherente.

3.2.1.1. Operación de Corte.

Para el proceso de corte, como se puede observar en la figura 15, se utilizará el nivel de evaluación BasicMost, ya que esta actividad se realiza menos de 150 veces a la semana, pero se debe tener un análisis detallado del mismo para determinar en qué se puede mejorar el proceso.

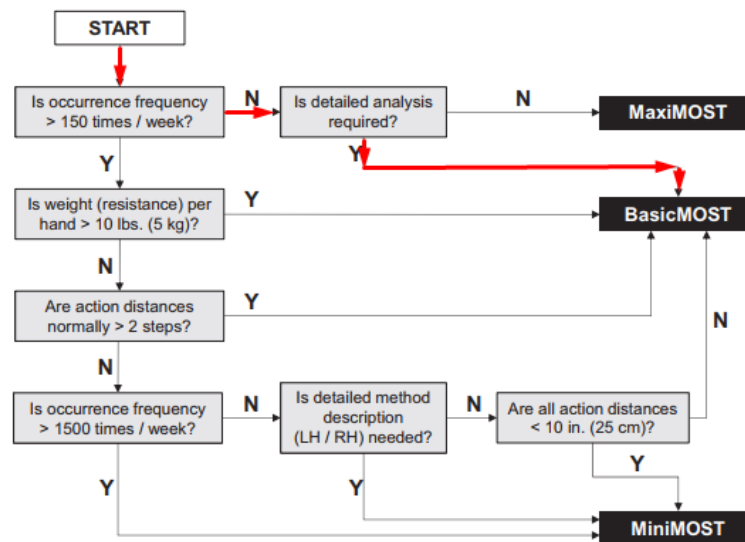


Figura 14 Diagrama de bloques operación de corte.
Fuente: (Elaboración propia)

3.2.1.2. Operación de formado.

Para el proceso de formado, como se puede observar en la figura 16, se utilizará el nivel de evaluación BasicMost, esta actividad se realiza menos de 150 veces a la semana, pero se debe tener un análisis detallado del mismo para determinar en qué se puede mejorar el proceso.

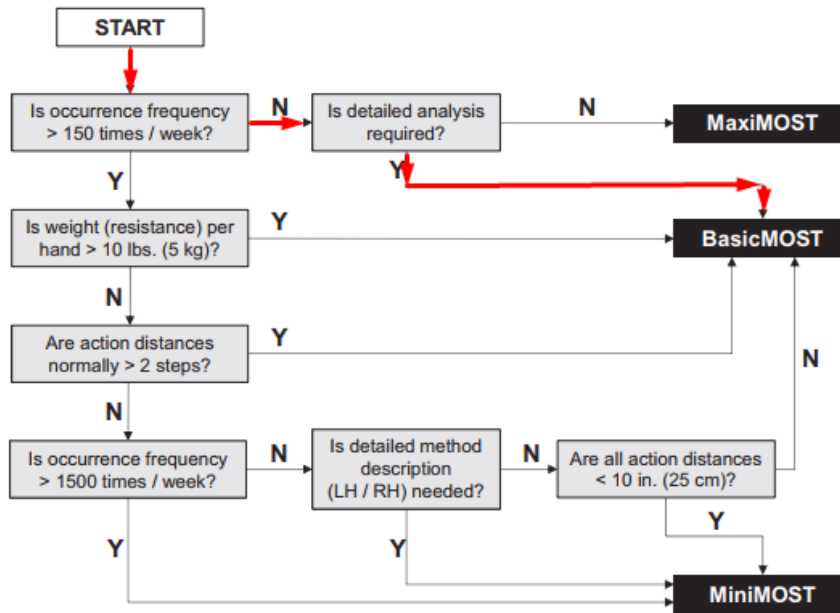


Figura 15 Diagrama de bloques operación de formado.
Fuente: (Elaboración propia)

3.2.1.3. Operación de ensamblado.

El proceso de ensamblado está compuesto por subactividades, las cuales consisten en el posicionamiento de varios perfiles de menor dimensión en la estructura, pero al no tener una ocurrencia mayor a 1500 veces por semana ni un método detallado se utilizará BasicMost, en la figura 17 se observa el diagrama.

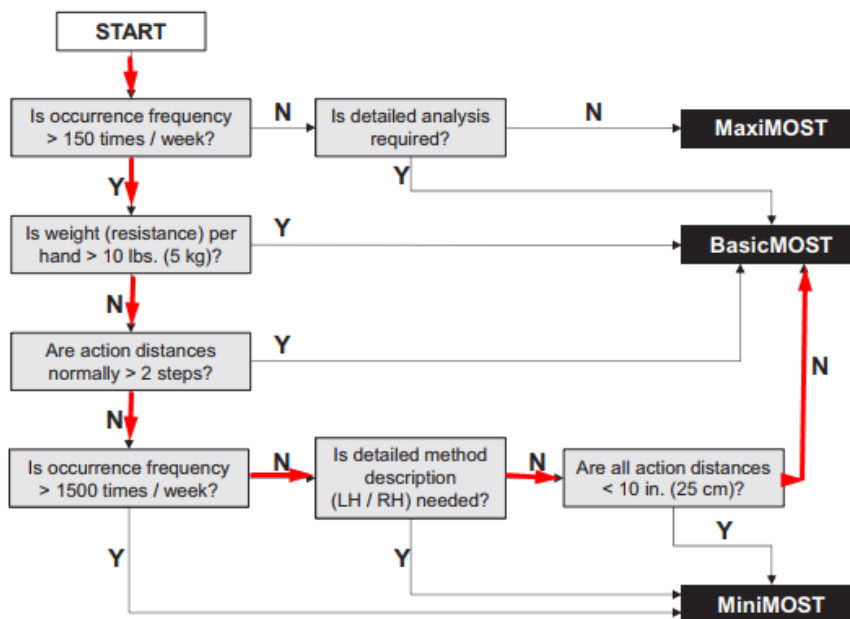


Figura 16 Diagrama de bloques operación de ensamblado.
Fuente: (Elaboración propia)

3.2.1.4. Operación de emplacado.

El Emplacado es un proceso que se realiza pocas veces a la semana, pero consisten en la colocación de tornillos alrededor de placas de fibrocemento, por lo que requiere movimiento alrededor de la mesa de emplacado, en este proceso, como se observa en la figura 18 se utilizará el nivel de evaluación de BasicMost.

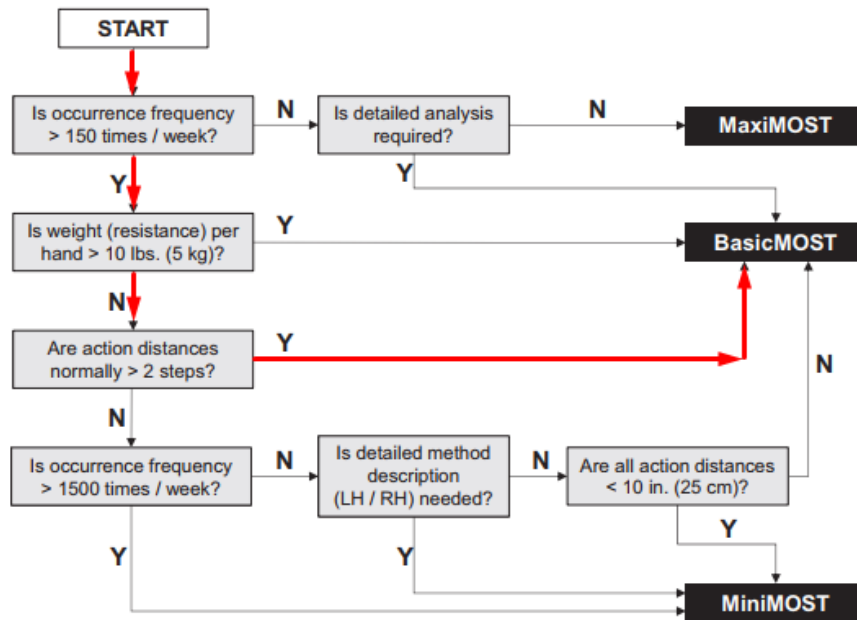


Figura 17 Diagrama de bloques operación de emplacado.
Fuente: (Elaboración propia)

3.2.1.5. Operación de acabado.

En el acabado, como se observa en la figura 19, se utilizará el nivel de BasicMost, ya que a pesar de ser una etapa del proceso productivo que se realiza pocas veces y no tiene un alto grado de dificultad, es importante realizar un análisis a mayor detalle de la actividad, a diferencia de las otras etapas de proceso productivo, aquí se utiliza con mayor frecuencia el puente grúa.

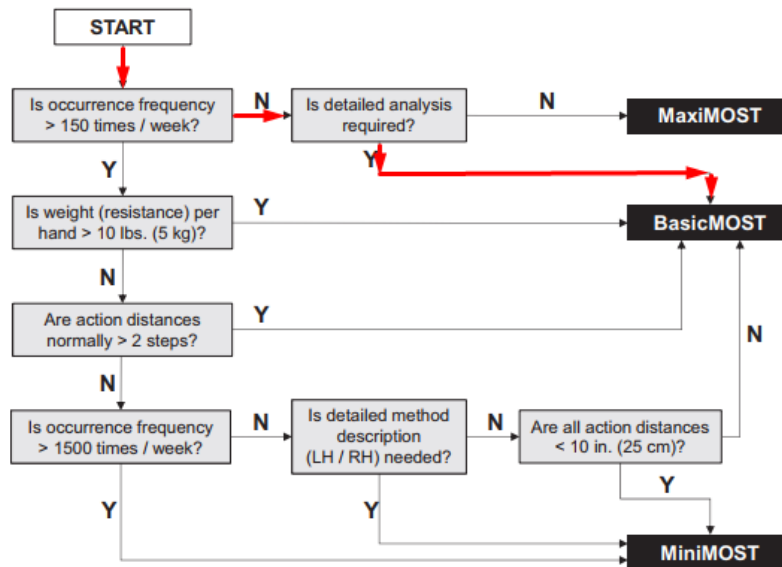


Figura 18 Diagrama de bloques operación de acabado.
Fuente: (Elaboración propia)

Con los diferentes modelos detallados anteriormente, se seleccionarán los más adecuados que se puedan aplicar.

3.3. APLICACIÓN DE BASICMOST EN PROCESOS PRODUCTIVOS.

Una vez determinado el nivel de MOST más adecuado para los procesos de la planta, se aplicarán en cada uno de estos, a fin de poder obtener el tiempo óptimo de ejecución de las actividades.

En la tabla 3 hasta la tabla 7 se observa los resultados de la aplicación de BasicMost en los procesos de la planta.

actividad, como resultado final se obtuvo que mediante la aplicación de BasicMost, se tiene un tiempo de proceso de 9340 TMU, lo que es igual a 841,24 segundos.

Tabla 4
Análisis BasicMost proceso de formado.

Análisis BasicMost																										
Proceso:		Formado																								
No	Actividad	Secuencia															Frecuencia	TMU	Segundos							
FORMADO DE PERFILES																										
1	Caminar 3-4 pasos para verificar la orden de producción, caminar 3-4 pasos para regresar a la maquinaria.	A	6	B	6	G	1	A	1	B	0	P	1	A	6					210	7.56					
2	Camina 5-7 pasos hacia la zona de almacenamiento materia prima	A	10	B	0	G	0	A	0	B	0	P	0	A	0					100	3.6					
3	Caminar 3-4 pasos para tomar el control del puente grúa, mover la grúa 3 metros y elevar el fleje seleccionado para producción, elevar y mover horizontalmente el fleje 3 m, descargarlo en el desbobinador.	A	6	T	16	K	24	F	10	V	24	L	24	V	16	P	24	T	16	A	6	1660	59.76			
4	Calibración de la maquina.	10800																0	10800							
5	Caminar 3-4 pasos hacia el panel de control de la maquina.	A	6	B	0	G	0	A	0	B	0	P	0	A	0					60	2.16					
6	Activar maquinaria para empezar la producción	A	0	B	0	G	0	M	1	X	1	I	1	A	0					30	1.08					
7	Tiempo de producción por pared	210															1		210							
8	Tomar un perfil fabricado, caminar 1-2 pasos y colocarlo en la mesa de control de calidad, tomar el calibrador vernier y realizar 3 mediciones, (alma, labio, ala)	A	3	B	6	G	1	A	1	B	3	P	1	(M)	16	A	1	B	0	P	1	A	0	3	650	23.4
9	Tomar el flexómetro y medir la longitud del perfil del paso 7, caminar 1-2 pasos y retornar el perfil a la mesa de fabricación.	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	M	32	A	1	B	0	P	1	A	3		410	14.76
10	Tomar los perfiles fabricados caminar 1-2 pasos y colocarlos en el carro de transporte, caminar 1-2 pasos para regresar a la mesa y tomar mas perfiles.	(A	3	B	10	G	1	A	1	B	6	P	1	A)	3									12	3000	108
11	Caminar 1-2 pasos y empujar 3 metros el carro de transporte hacia la zona de armado de material, caminar 5-7 pasos para regresar al área de trabajo.	A	3	B	0	G	3	M	24	X	16	I	1	A	10										570	20.52
12	Apagar la máquina, en el panel de control.	A	0	B	0	G	0	M	1	X	1	I	1	A	0										30	1.08
13	Caminar de 5-7 pasos alrededor de la máquina para cortar la energía eléctrica, caminar 8-10 pasos para regresar a la mesa de reporte.	A	10	B	0	G	0	M	1	X	3	I	1	A	16										310	11.16
		TOTAL															TMU	3690	11251.92							

En la tabla 4 se observa la aplicación de BasicMost, en el proceso de formado de perfiles, en la actividad 7 se detalla el tiempo de proceso, ya que este paso se realiza netamente en una máquina automatizada, por lo cual no interviene el operador y no existe una secuencia en el método que permita describirlo, el tiempo total del proceso es de 3690 TMU, o 11251 segundos, se debe considerar que en esta etapa se consideró la calibración de la maquinaria la cual es 10800 segundos, pero para un posterior análisis esto no deberá ser considerado.

En la tabla 5 se puede observar la aplicación del BasicMost en el proceso de armado, el tiempo total de este es de 688,36 segundos, al igual que en los otros procesos de la planta se aplicaron secuencias diferentes según la actividad a ejecutarse, la secuencia que se aplica de forma común en esta etapa es el uso de herramientas manuales.

Tabla 6
Análisis BasicMost proceso de emplacado.

Análisis BasicMost																										
Proceso:		Emplacado										Frecuencia	TMU	Segundos												
No	Actividad	Secuencia										Frecuencia	TMU	Segundos												
EMPLACADO																										
1	Caminar 5-7 pasos para verificar los planos de emplacado, tomar la tablet y retornar 5-6 pasos a la zona de emplacado.	A	10	B	0	G	1	A	0	B	0	P	0	A	10			210	7.56							
2	Caminar 3-4 pasos donde se encuentran las estructuras ensambladas, con otro operador transportar las paredes a las mesas de emplacado.	15										1	0	15												
3	Caminar 8-10 pasos hacia el carro de placas de corte de fibrocemento, empujar el carro de fibrocemento hacia la zona de emplacado.	A	16	B	0	G	3	M	16	X	16	I	1	A	6	4	2320	83.52								
4	Caminar 3-4 pasos, tomar las placas según el número marcado del plano de emplacado, caminar 3-4 pasos y colocar la placa sobre la estructura.	(A	6	B	6	G	3	A	6	B	6	P	3	A)	0	3	900	32.4								
5	Tomar la placa que se encuentra en la estructura, caminar 1-2 pasos para ubicarla en la posición según el plano de emplacado.	A	3	B	6	G	1	A	3	B	6	P	1	A	3	3	690	24.84								
6	Caminar 3-4 pasos, tomar el flexómetro y el timbrador, caminar 3-4 pasos para retornar al área de trabajo.	A	6	B	0	G	1	A	0	B	0	P	1	A	6		140	5.04								
7	Caminar 1-2 pasos, con el flexómetro realizar la medición y verificación de la posición de las placas con respecto a la estructura.	(A	3	B	6	G	1	A	0	B	6	P	1	M	32	A	0	B	0	P	1	A)	3	6	3180	114.48
8	Caminar 3-4 pasos, tomar la atornilladora automática, caminar 3-4 pasos para regresar a la mesa de emplacado.	A	6	B	0	G	1	A	0	B	0	P	1	A	6		140	5.04								
9	Caminar 1-2 pasos, con la atornilladora automática ajustar tornillos en la placa de fibrocemento cada 300 mm, alrededor de toda la placa. (20 tornillos)	A	3	B	0	G	1	(A	1	B	6	P	6	F	6	A	1	B	0	P)	1	A	3	20	5600	201.6
10	Caminar 1-2 pasos, con la atornilladora automática ajustar tornillos en la placa de fibrocemento cada 300 mm, alrededor de toda la placa (10 tornillos).	A	3	B	0	G	1	(A	1	B	6	P	6	F	6	A	1	B	0	P)	1	A	3	10	2800	100.8
11	Caminar 11-15 pasos hacia la bodega, tomar una caneca de wather seal, rodillo y cinta malla, caminar 11-15 pasos para regresar al área de emplacado.	A	24	B	6	G	3	A	3	B	6	P	1	A	24		670	24.12								
12	Tomar la cinta malla, caminar 5-7 pasos alrededor de la mesa de emplacado, colocar la cinta malla en las juntas, inclinándose sobre la mesa.	A	10	B	6	G	1	A	10	B	6	P	1	A	10	3	1320	47.52								
13	Tomar el rodillo y meterlo en a caneca de weather seal, caminar 3-4 pasos, y sellar las juntas de las placas inclinándose sobre la mesa.	A	6	B	6	G	1	A	6	B	6	P	1	A	6	1	320	11.52								
14	Tiempo de espera de secado de weather seal.	600										1	0	600												
15	Con otro operador, mover las estructuras emplacadas a la zona de almacenamiento.	10										1	0	10												
TOTAL											TMU	18290	1283.44													

En la tabla 6 se observa el proceso de emplacado de paredes, con un tiempo total de duración de 1283,44 segundos, al igual que en el proceso de armado, se utiliza la secuencia de uso de herramientas manuales, en la actividad número 14 se puede observar que no se aplica una secuencia, es de esta forma ya que el secado del weatherseal no se puede describir con una secuencia, pero es parte fundamental del proceso de emplacado.

Tabla 7
Análisis BasicMost proceso de acabado.

Análisis BasicMost																								
Proceso:		Acabado																						
No	Actividad	Secuencia										Frecuencia	TMU	Segundos										
ACABADO																								
1	Caminar 5-6 pasos para verificar la orden de acabado, tomar la tablet y retornar 5-6 pasos a la zona de acabado	A	10	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	A	10		230	8.28						
2	Caminar 11-15 pasos hacia el puente grúa, mover el puente grúa hacia la zona de almacenamiento, asegurar una pared, levantarla 3 metros, mover horizontalmente el puente 5 metros, hasta el modulo de acabado, alinear la pared con el módulo con varios ajustes, regresar con el puente a la zona de almacenamiento.	A	24	T	16	K	24	F	16	V	24	L	24	V	24	P	32	T	16	A	24	1	2240	80.64
3	Caminar 3-4 pasos a la zona de almacenamiento, tomar una caneca, basecoat y caminar 3-4 pasos a la zona de mezclado.	A	3	B	6	G	3	A	3	B	6	P	1	A	3		250	9						
4	Preparacion de basecoat.	900											0	900										
5	Caminar 5-7 pasos con el basecoat preparado hacia el módulo de acabado.	A	10	B	6	G	3	A	3	B	6	P	1	A	0		290	10.44						
6	Dar la primer capa de basecoat y esperar tiempo de secado.	1200										1	0	1200										
7	Dar la segunda capa de basecoat y esperar el tiempo de secado.	1800										1	0	1800										
8	Caminar 8-10 pasos hacia el puente grúa mediante el uso de este mover la pared 4 metros hacia el módulo de despacho de paredes acabadas, caminar 8-10 pasos para regresar a la zona de acabado.	A	16	T	16	K	24	F	10	V	24	L	12	V	16	P	24	T	16	A	16	1	1740	62.64
TOTAL											TMU	4750	4071											

En la tabla 7 se observa la aplicación de BasicMost en el proceso de acabado, esta es la última etapa del proceso, con un tiempo de duración de 4071 segundos, la peculiaridad de esta etapa es que tiene dos tiempos de secado del material, actividad 6 y actividad 7, los cuales no pueden ser descritos mediante una secuencia del método.

El estudio de tiempos realizados ha permitido tener una idea clara de la duración de las actividades que forman parte de cada uno de los procesos de la planta, así como una idea clara de los puntos de mejora que se podrán incluir en la propuesta de mejora de la productividad.

En la tabla 9 se observa un cuadro de tiempos, a fin de tener una visión global del estudio realizado, así como el tiempo total del proceso de producción.

Tabla 8
Resumen de tiempos de análisis MOST.

Proceso	TMU	Segundos
Corte	9340	841.24
Formado	3690	11251.92
Armado	17290	688.36
Emplacado	18290	1283.44
Acabado	4750	4071
TOTAL	53360	17865.96

Es importante destacar que el análisis se realizó específicamente para la producción de una sola pared, en el caso del proceso de formado se está tomando a consideración el tiempo de calibración de máquina el cual es 10800 segundos, al restar este valor del tiempo calculado, se tiene que el tiempo de proceso de una pared es de 451,92 segundos.

3.3.1. Limitantes de la productividad del proceso productivo.

En el proceso actual de la planta se pueden identificar varios limitantes que afectan directamente a la productividad de cada una de las áreas, unas con mayor afectación que otras, es importante distinguir estos limitantes, ya que de esta forma se podrá realizar una propuesta de mejora de la productividad en conjunto con el estudio de tiempos realizado.

En la figura 20, se puede observar un resumen de las actividades analizadas en los cursogramas analíticos de todos los procesos.

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	
	Operación	25
	Transporte	13
	Inspección	6
	Espera	17
	Almacenaje	0

Figura 19 Resumen de actividades.
Fuente: (Elaboración propia)

Una de las actividades sin valor agregado en el proceso productivo pero que representa un alto porcentaje es la actividad de espera, esta es generada por los tiempos muertos en los cuales el proceso está improductivo, generalmente ocurren por la inadecuada preparación de insumos en cada una de las zonas de trabajo.

A continuación, se detallarán las limitantes de los procesos:

- La operación de formado a pesar de ser uno de los que menos actividades de operación presenta, no es el cuello de botella del proceso productivo, ya que al ser un proceso de producción que es en gran parte automatizado, no genera retrasos en la fabricación, la actividad que toma un mayor tiempo de ejecución en esta etapa, tres horas, es la calibración de la maquinaria.
- La operación de corte, es una de las que toma un mayor tiempo de procesamiento, ya que gran parte del proceso está compuesto por actividades manuales, o que requieren la intervención directa de la mano de obra humana, además de que la maquinaria utilizada durante el corte, presenta sobrecalentamiento excesivo si se utiliza durante varios cortes seguidos.
- La principal deficiencia de la operación de ensamblado es la falta del orden de las herramientas e insumos de trabajo, ya que estos se encuentran lejos de la zona de trabajo, por lo cual se incurren en tiempos muertos.
- La operación de emplacado presenta deficiencias similares a la operación de ensamblado, el orden de herramientas e insumos.
- La operación de acabado presenta tiempos de operación extendidos que son propios del proceso, ya que la materia prima utilizada tiene tiempos de secado establecidos, los cuales se deben cumplir.

3.4. PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD.

Una vez realizado el análisis mediante el sistema de tiempos predeterminados MOST, el análisis con el cursograma analítico de las diferentes etapas que se presentan en los procesos de la planta de Steel framing, se realizará la propuesta de mejora de productividad en cada una de estas.

Esta propuesta de mejora de la productividad para la planta de producción de ICON+, presente diferentes alternativas, las cuales han sido discutidas con el jefe de planta.

Se debe destacar que, para la aplicación de esta propuesta de mejora, se debe tener el compromiso tanto del personal directivo como del personal operativo, ya que serán parte del mejoramiento continuo de la planta.

Como parte de la propuesta de mejora se realizó el análisis del layout actual de la planta, este layout fue definido desde la creación de la empresa, ya que se consideró que era el más adecuado para la demanda actual de las estructuras, en la actualidad, a pesar de que la empresa tiene 2 años de funcionamiento, el layout sigue cumpliendo con el objetivo, el cual es mantener un flujo de trabajo el cual pueda cumplir con los requerimientos del cliente, en el anexo 3, se puede observar la distribución actual de la planta de Steel Framing.

3.4.1. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD.

Existen varias herramientas de gestión que, al ser aplicadas permiten mejorar la productividad en las áreas de trabajo, y son la base fundamental de la filosofía Lean Manufacturing, a continuación, se detallarán las herramientas que podrán ser aplicadas en la empresa y como estas afectarán a la misma.

3.4.1.1. 5s (Orden y limpieza)

Lo que debe predominar en una empresa es el orden y limpieza, ya que esto permite prevenir accidentes, así como aumentar la productividad del área de trabajo, las 5s se basan en cinco principios esenciales, los cuales aplicados de manera secuencial y concientizando a los trabajadores se podrán tener unas mejores condiciones de trabajo.

3.4.1.2. TPM.

El principal objetivo del TPM (Mantenimiento productivo total), es minimizar las paras que tiene la maquinaria, teniendo como resultado la disminución de gastos y retrasos en las entregas por tiempos muertos de producción, esta herramienta se puede aplicar en la empresa, ya que al tener solamente dos máquinas que fabrican todos los perfiles de acero, se las debe tener funcionando en óptimas condiciones, por lo cual, el TPM es un pilar básico para la mejora de la productividad.

3.4.1.3. SMED.

En la maquinaria actual, con el objetivo de producir diferentes tipos de perfiles, se tienen cambios de línea constantes, lo cuales implica tiempos muertos en los que la maquinaria no está fabricando ningún tipo de elemento, teniendo en cuenta que cada cambio de línea representa de 4 a 6 horas de para, por lo que es fundamental el estudio y aplicación del sistema SMED.

SMED es una metodología que busca disminuir el tiempo de la preparación y cambio de los elementos en la maquinaria a menos de 10 minutos, por lo que es fundamental realizar un estudio para la aplicación de esta filosofía dentro de la empresa.

3.4.1.4. Automatización

La automatización es una instancia que debería ser considerada a futuro, ya que, si aumentan los niveles de producción, las operaciones manuales no serán suficientes y no se podrá satisfacer la demanda el mercado, por lo que será importante realizar un pronóstico de la demanda, a fin de justificar la comprar de sistemas automatizados de armado de estructuras de Steel framing.

3.4.1.5. Mejora continua.

La mejora continua es la base de toda empresa exitosa, ya que esta filosofía permite identificar las oportunidades de mejora en los procesos, existentes, por lo cual esto no solo servirá para la mejora de la parte operativa, sino también para la mejora global de la empresa, por lo que en un futuro cercano se deberán generar procedimientos en los cuales el ciclo PHVA sea la base de la gestión.

3.4.2. HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN LAS ÁREAS DE TRABAJO.

Existen procesos que por las condiciones actuales de la maquinaria no pueden llegar a un punto óptimo de producción ya que la tecnología que tienen estas no es la adecuada para el proceso productivo.

Un ejemplo de estas limitaciones existentes en la planta es el proceso de corte de tableros de fibrocemento, ya que la maquina actual no puede satisfacer la demanda requerida y este proceso se vuelve un cuello de botella con respecto al resto de procesos de la planta, por lo cual es necesario verificar la disponibilidad de maquinaria la cual permita mejorar la productividad de este proceso, un ejemplo es la cortadora de tableros de marca HOMAG, ver figura 21, la cual permite realizar cortes mediante tecnología CNC.



Figura 20 Cortadora CNC de tableros de fibrocemento.
Fuente: (Elaboración propia)

En las áreas de armado y emplacado de paredes se pueden tener robots automatizados los cuales permitan armar de una manera eficiente y con mayor rapidez las paredes de Steel framing, esta opción se ha aplicado en otras plantas de diferentes partes del mundo las mismas que tienen una alta demanda de producción, es por eso que para poder realizar la adquisición de este tipo de robots se deberá justificar su adquisición mediante el incremento de las ventas de este tipo de soluciones constructivas.

3.4.3. ANÁLISIS DE MEJORA DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE ACTIVIDADES INNECESARIAS.

En cada una de las etapas del proceso productivo de planta de ICON+ existen actividades que no agregan valor, por lo que generan la disminución en la productividad, así como en el tiempo de entrega.

Un claro ejemplo de actividades que no agregan valor y se repiten en cada una de las etapas de producción es el transporte y movimientos innecesarios, tanto de personas como de materiales.

Existen actividades que, si bien son necesarias para el proceso pero que no agregan valor, un claro ejemplo de este tipo de actividades son las inspecciones o controles de calidad, son de importancia para verificar la calidad del proceso, pero pueden ser asignadas a otro personal, así de esta forma evitar tiempos muertos en el proceso.

Con el objetivo de incrementar la productividad, se analizarán cada uno de los procesos, a fin de determinar cuál de estas agregan valor al proceso y cuales se pueden eliminar.

En la figura 22 se observa un resumen, el cual detallan las actividades de cada proceso de la planta, permitiendo de esta forma tener una idea del estado actual en el que se encuentra el proceso productivo.

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	FORMADO	CORTE	ENSAMBLADO	EMPLACADO	ACABADO
●	Operación	2	6	8	6	3
→	Transporte	3	3	1	3	3
■	Inspección	5	0	0	1	0
D	Espera	3	3	4	5	2
▽	Almacenaje	0	0	0	0	0

Figura 21 Estado actual de proceso productivo.
Fuente: (Elaboración propia)

3.4.3.1. Análisis por proceso.

Según el análisis de tiempos realizado mediante la técnica MOST, el proceso de formado se ejecuta en un tiempo de 187.532 minutos, lo que presenta aproximadamente 3.12 horas de proceso, todo esto incluida la calibración de la máquina teniendo un tiempo de 3 horas, una vez calibrada la maquinaria, la producción de una pared toma 11,07 minutos.

El proceso de corte es una de las etapas que tiene un mayor tiempo de procesamiento, para poder realizar el corte de un tablero se demora aproximadamente 14 minutos, convirtiéndolo de esta forma en el cuello de botella cuando este no requiere un acabado final de las paredes fabricadas, este proceso toma ese tiempo de procesamiento ya que la maquinaria presente en el área no es la más adecuada para la ejecución de las actividades, lo que tiene como consecuencia, un proceso poco productivo.

El ensamblado de estructuras toma un total de 11,47 minutos por cada pared armada, siendo esta etapa una de las que presenta una mayor cantidad de actividades de operación.

En el emplacado se tiene un tiempo de ciclo de aproximadamente 21 minutos, esto sucede ya que la última etapa la cual es colocar weatherseal se demora por el secado del químico, si el pedido del cliente fuese con las paredes acabadas totalmente, esta etapa pasaría a ser el cuello de botella del proceso.

El acabado tiene una mayor duración, 67,85 minutos, ya que en esta se utiliza un mortero llamado basecoat el cual permite dar un acabado cementicio a la pared, la desventaja de este elemento es el alto tiempo que requiere de secado entre capa y capa.

A fin de optimizar cada uno de los procesos productivos se realizará una propuesta en la cual se eliminarán actividades que no agregan valor, ya sea mejorando la ubicación de los elementos requeridos por producción o asignando la responsabilidad de estas tareas a otro personal.

En la figura 23 se observa un cuadro resumen aplicando la eliminación de actividades que no agregan valor en cada proceso, permitiendo de esta forma optimizar el tiempo de producción.

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	FORMADO	CORTE	ENSAMBLADO	EMPLACADO	ACABADO
●	Operación	2	6	8	6	3
➔	Transporte	1	3	1	1	3
■	Inspección	2	0	0	1	0
D	Espera	2	1	4	2	0
▽	Almacenaje	0	0	0	0	0

Figura 22 Estado futuro de proceso productivo.
Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla 10 se observa los resultados de los tiempos de los procesos con la implementación de la eliminación de actividades que no agregan valor al proceso

Tabla 9
Tiempos de proceso propuestos.

Proceso	TMU	Segundos
Corte	8920	826.12
Formado	1850	277.68
Armado	16720	641.92
Emplacado	14950	1148.2
Acabado	4520	4062.72
TOTAL	46960	6956.64

En la tabla 11 se pueden observar en forma de porcentaje la disminución de tiempo de producción en los procesos productivos que conforman la planta, gran parte de las actividades que se pueden eliminar o asignar a otro personal del proceso productivo son transportes e inspecciones, las actividades que están relacionadas directamente con la producción se deberán analizar una a una, a fin de determinar la manera más adecuada de reducir estos tiempos, ya sea realizando un estudio del método de trabajo o mediante la implementación de herramientas tecnológicas.

Uno de los procesos que tuvo un mayor porcentaje de disminución es el de formado con un 62,75%, de manera global, el tiempo de producción de una pared de Steel framing tuvo una disminución del 5,45%, lo cual representa pasar de un tiempo de proceso de 122,26 minutos a un tiempo de 115,94 minutos.

Tabla 10
Porcentaje de disminución de tiempos de proceso.

Proceso	Disminución del tiempo de proceso
Corte	1.83%
Formado	62.75%
Armado	7.23%
Emplacado	11.78%
Acabado	0.20%
Proceso global	5.45%

3.4.4. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Los indicadores o métricas de productividad nos permitirán medir el impacto de la propuesta de mejora aplicada dentro del proceso, por lo que es importante definirlos correctamente, así como lo de mayor relevancia para el proceso productivo.

Estás métricas deberán ser aplicadas cuando la propuesta de mejora sea implementada en cada etapa del proceso, a fin de comprobar la efectividad y el incremento de la productividad, se propondrán métricas.

3.4.4.1. Tiempo de ciclo.

El tiempo de ciclo es aquel que mide cuanto se demora una unidad o un lote en ser procesada, desde que comienza el proceso hasta que finaliza, la reducción de este tiempo significará un incremento en la capacidad de producción de la planta, así como menores tiempos de espera para los procesos siguientes.

$$Tc = Top + Tesp$$

Donde:

- Tc: tiempo de ciclo.
- Top: tiempo de operación.
- Tesp: tiempo de espera.

El tiempo de ciclo se calculará para cada uno de los procesos de la planta, en la tabla 11 observa el cálculo:

Tabla 11

Tiempo de ciclo de proceso de planta.

Proceso	Tiempo de operación [s]	Tiempo de espera [s]	Tiempo de ciclo [s]
Formado	210	253.08	463.08
Corte	695.16	146.08	841.24
Armado	495.96	192.4	688.36
Emplacado	1100.76	182.68	1283.44
Acabado	3962.64	108.36	4071

El cálculo de tiempo de ciclo no solamente es fundamental para evaluar cuanto se demora la fabricación de una pieza por estación, sino que también permite determinar el cuello de botella, en el caso de la planta industrial, el cuello de botella se presenta en el proceso de emplacado con un total de 1283,44 segundos.

3.4.4.2. Porcentaje de actividades de valor agregado y sin valor agregado.

Las actividades que agregan valor a los procesos son aquellas que generan una transformación en la materia prima, mientras que las actividades que no agregan valor son aquellas que como su nombre lo indican no agregan valor al proceso, pero que pueden ser requeridas, como por ejemplo contrato, inspecciones, etc.

Existen operaciones que no agregan valor, que no son requeridas y que pueden considerarse como desperdicio, por lo cual hay que enfocarse en la reducción y/o eliminación de este tipo de actividades y en la optimización de las actividades que agregan valor.

Para tener la métrica se utilizarán las siguientes formulas:

$$\%Asva: \frac{\sum Act \text{ sin valor agregado}}{\sum Actividades} * 100$$

$$\%Ava: \frac{\sum Act \text{ de valor agregado}}{\sum Actividades} * 100$$

Donde:

- Asva: Actividades sin valor agregado.
- Ava: Actividades de valor agregado.

Se realizó un análisis del porcentaje de actividades de todo el proceso productivo, tanto en el estado actual como en el estado propuesto, a fin de verificar el impacto de la eliminación de actividades.

En la tabla 12 se pueden observar, por porcentajes, las actividades del proceso actual, en la misma se detalla que actualmente el 59% del proceso productivo no agregan valor al proceso, mientras que solo el 41% agregan valor al proceso.

Tabla 12

Porcentaje de actividades con y sin valor agregado

Estado actual	
Actividades de valor agregado	41%
Actividades sin valor agregado	59%

En la tabla 13 se observa el porcentaje de actividades con y sin valor agregado, una vez reasignadas las actividades que no generan valor, en este estado, el 54% son de valor agregado, mientras que el 46% no agregan valor.

Tabla 13

Porcentaje de actividades con y sin valor agregado

Estado propuesto	
Actividades de valor agregado	54%
Actividades sin valor agregado	46%

3.4.4.3. OEE (Eficiencia Global de Equipos)

Este indicador permite medir la productividad de los equipos, así como su eficiencia, identificando de esta forma las deficiencias y desperdicios que puedan existir en el proceso productivo.

En el cálculo del OEE intervienen tres factores:

- Disponibilidad: este parámetro toma en cuenta pérdidas por paradas no planificadas.
- Rendimiento: este parámetro toma en cuenta pérdidas por velocidad.
- Calidad: este parámetro considera pérdidas por calidad.

En la ecuación., se puede observar la ecuación para el cálculo del OEE:

$$OEE = Disponibilidad(\%) * Rendimiento(\%) * Calidad(\%)$$

En la planta de producción para poder realizar el cálculo del OEE se mantiene un documento automatizado el cual permite tener los indicadores de cada una de las estaciones de trabajo, actualmente el OEE, se calcula específicamente para los procesos en los cuales se utiliza maquinaria, estos son el proceso de formado y corte.

En la tabla 14 se puede observar el cálculo de OEE actual de la maquinaria, con los parámetros actuales de la empresa.

Tabla 14

OEE de maquinaria de Steel framing.

Proceso	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Formado	63%	70%	65%	28.67%
Corte	82%	40%	75%	24.60%

El objetivo del OEE, y el cual hacen referencias todas las empresas a nivel mundial es del 85%, en la tabla 15 se observa el porcentaje ideal de cada uno de los parámetros del OEE.

Tabla 15

Parámetro del OEE de clase mundial.

Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
90%	95%	99%	85%

3.4.4.4. Takt time.

El Takt time es el tiempo en el cual se debe fabricar un producto para satisfacer la demanda, al tener un enfoque en este tiempo, se puede optimizar de una manera más adecuada la capacidad de planta.

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ de\ producción}{Demanda\ media\ del\ cliente.}$$

Para realizar el cálculo del takt time se considerará que mensualmente en promedio se tiene una demanda aproximada de 250 paredes terminadas, adicionalmente se tendrá en cuenta dos escenarios, el primero en el cual se tiene una disponibilidad y ratio del 100%, mientras que en el otro escenario se tendrá los datos actuales de disponibilidad el cual es aproximadamente el 65%.

Para el cálculo del tiempo disponible de producción se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

- Cantidad de turnos: 1
- Horas por turno: 8
- Días a la semana planificados: 5

Escenario 1 (Takt time ideal):

$$Takt\ time = \frac{8 \left[\frac{h}{turno} \right] * 60 \left[\frac{min}{h} \right] * 21 \left[\frac{dias}{mes} \right]}{250 \left[\frac{Paredes}{mes} \right]} = 40,32 \left[\frac{min}{pared} \right]$$

Como se puede observar en el cálculo del escenario 1, el cual es el escenario ideal, el takt time ideal para satisfacer la demanda del cliente es de 40.32 min/pared.

Escenario 2 (Takt time real):

$$Takt\ time = \frac{8 \left[\frac{h}{turno} \right] * 60 \left[\frac{min}{h} \right] * 21 \left[\frac{dias}{mes} \right]}{250 \left[\frac{Paredes}{mes} \right] * 0.65} = 115.2 \left[\frac{min}{pared} \right]$$

Como se puede observar en la ecuación 2, el Takt time real es de 115,2 min/pared.

Al realizar una comparación con el Takt time ideal y el real, siendo este último aproximadamente el triple que el ideal, se puede verificar que actualmente los

procesos de la planta tienen que mejorarse a fin de aumentar la disponibilidad de máquina y disminuir el Takt time.

4. CONCLUSIONES.

- Se logró describir la situación actual de los procesos de la empresa mediante los cursogramas sinópticos de cada una de las etapas de producción, permitiendo de esta forma tener una visión clara de las principales deficiencias que se presentan en las áreas de trabajo, así como un preámbulo para la propuesta de mejora de la productividad.
- A fin de realizar la propuesta de mejora de la productividad de la planta, se identificaron indicadores aplicables de forma general a cada uno de los procesos, los cuales permiten medir y analizar la productividad actual y la comparación de está aplicando la propuesta de mejora.
- Se seleccionó el nivel de MOST más adecuado para cada una de las etapas de producción, siendo el nivel BASIC MOST, el que predomina en cada una de estas, ya que al aplicar cada una de las secuencias que componen este nivel, se tiene un análisis más detallado de las actividades.
- Mediante la aplicación de la técnica de tiempos predeterminados MOST, se determinó los tiempos actuales de cada una de las etapas de producción, a fin de tener información precisa para la mejora de la productividad.
- A fin de determinar un mejor flujo de trabajo se realizó el análisis del layout de la planta, con lo cual se determinó que, con las capacidades y maquinarias actuales de producción, el layout se encuentra diseñado correctamente, ya que sigue el flujo de proceso definido para cada producto, pero a un futuro, si se adquieren más maquinarias y se requiere una mayor producción se deberá analizar nuevamente el layout de planta, con la nueva maquinaria y un número mayor de estaciones.
- Mediante el cálculo del tiempo de ciclo de cada uno de los procesos se determinó que el cuello de botella de la planta de producción se presenta en la etapa de emplacado con un tiempo de 1283,44 segundos, por lo cual se deberá realizar un análisis a mayor profundidad de este proceso a fin de eliminar el cuello de botella inicial, para posteriormente realizar otro análisis y eliminar el siguiente cuello de botella.
- En el proceso actual de producción el porcentaje de actividades sin valor agregado es del 59% lo que significa que más de la mitad del proceso

productivo no genera valor al cliente, mediante la eliminación de actividades que pueden ser delegadas, el porcentaje bajo al 46%, lo que significa una mejora del 11% con respecto al estado actual.

- El OEE actual de los procesos de formado y corte con 28% y 24% respectivamente, lo que significa que la planta no se encuentra a la capacidad real, por lo cual es importante realizar trabajos de mejora a fin de optimizar el proceso e incrementar el OEE actual a un OEE de clase mundial.
- El takt time real de la planta es de 115 minutos/pared, mientras que el takt time ideal debería ser 40,32 minutos/pared, lo que significa que actualmente la planta no puede satisfacer la demanda actual del mercado en un solo turno de trabajo, por lo que para cumplir la demanda se deberá, como primera instancia generar dos turnos de trabajo o una jornada extendida de producción, a la vez se deberá trabajar en la optimización de procesos de la planta a fin de cumplir el takt time.

5. RECOMENDACIONES.

- El personal tanto técnico como administrativo de la planta tiene que enfocarse en la implementación de un programa de orden y limpieza, ya que de esta forma se da la pauta para la mejora de las condiciones de la planta.
- Las mejoras tecnológicas propuestas se deben analizar a detalle para cada una de las estaciones de trabajo, teniendo en cuenta el principal parámetro el cual es la demanda del mercado, ya que para realizar una inversión en maquinaria nueva se debe tener a consideración que esta debe ser aprovechada en toda la capacidad.
- Se deben realizar capacitaciones constantes a los operadores en el área de trabajo, ya que el operador es parte fundamental de la mejora de los procesos, por lo cual es importante tener operadores calificados y comprometidos.
- Realizar el análisis de la productividad de la empresa mediante la aplicación de otras técnicas de análisis de la productividad, como por ejemplo miniMOST, a fin de realizar un estudio comparativo de los resultados entre las técnicas aplicadas.
- El presente trabajo es una base que puede ser utilizada para futuras investigaciones en el área de la productividad, lo cual permitirá ampliar y profundizar el conocimiento de la empresa en este ámbito, así como la mejora de los procesos productivos que conforman la planta.
- Si la demanda del mercado aumenta, superando la capacidad de producción actual de la planta, se puede realizar la adquisición de tecnología similar a otras plantas de producción del mismo giro del negocio, para responder con mayor rapidez ante la demanda y mejorar la precisión en la producción.

6. REFERENCIAS.

- Acimco. (2022, 5 septiembre). *Planchas de Gypsum, somos importadores directos*. Recuperado 4 de noviembre de 2022, de <https://www.acimco.com/productos/gypsum/>
- Aislasur. (2021, 19 mayo). *Fibra de Vidrio como Aislante Acústico y Térmico*. Aislamientos Térmicos del Sur. Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://www.aislasur.com/la-fibra-de-vidrio-como-aislante-acustico-y-termico/>
- American Iron and Steel Institute. (2020). North American Standard for Cold-Formed Steel Structural Framing. En *American Iron and Steel Institute (AISI S240-20)*.
- *Barrera de Vapor - Ontil*. (s. f.). Recuperado 30 de octubre de 2022, de https://www.ontil.com.uy/barrera-de-vapor/n3_51/
- BBVA MEXICO. (2022, 16 enero). *¿Qué es la productividad en una empresa?* BBVA México. Recuperado 6 de noviembre de 2022, de <https://www.bbva.mx/educacion-financiera/blog/que-es-la-productividad-en-una-empresa.html>
- Consulsteel. (s. f.). *Manual de procedimiento construcción con acero liviano*. consulsteel. Recuperado 25 de octubre de 2022, de <http://consulsteel.com/wp-content/uploads/Manual-de-Procedimiento-Consul-Steel.pdf>
- Criollo, R. G. (2005). *Estudio del trabajo*. McGraw-Hill Education.
- ETEX. (s. f.). *Superboard Fachadas*. <https://www.etex.com.ec/producto/superboard-fachadas-10-mm/>
- Etex Ecuador. (2022, 6 septiembre). *Plancha de Gypsum Gyplac Estándar - Gypsum*. Recuperado 4 de noviembre de 2022, de <https://www.etex.com.ec/producto/placa-de-gypsum-gyplac-estandar/>
- FRAMECAD. (s. f.). *La F325it-L ofrece la capacidad de producir más rápido*. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de <https://blog.framecad.com/blog/new-manufacturing-system-f325it-l-spanish>

- Goodgion, E. (s. f.). *History*. Recuperado 25 de octubre de 2022, de <https://sfia.memberclicks.net/history>
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios De Administracion De Operaciones C/2 Cds* (7.a ed.). Prentice Hall/Pearson.
- ICON+. (s. f.). *PANELCLAD*. Iconplus. Recuperado 30 de octubre de 2022, de <https://www.iconplus.com.ec/wp-content/uploads/2021/09/PANELCLAD.pdf>
- Import Aceros. (2020). *Canales U*. <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/canales-u-acero/>
- Instituto Politécnico Nacional. (s. f.). *Diagrama sinóptico*. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias sociales y Administrativas. Recuperado 5 de diciembre de 2022, de http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/terminados/aspi/POLILIBRO/2+PORTAL/P3+DIAGRAMA+SINOPTICO/GENERALIDADES_3.htm
- INTACO Ecuador. (2020, 13 noviembre). *Repemax Muro Seco Basecoat Hidrófugo W1*. Recuperado 5 de noviembre de 2022, de <https://www.intaco.com/ecuador/producto/repemax-muro-seco-basecoat-hidrofugo-w1/>
- Jorajuria, M., & Servente, F. (2015). *Steel Framing y sus principales usos en Uruguay* [Tesina]. Universidad de la República.
- Kanawaty, G. (1995). *Introducción al estudio del trabajo*. Oficina Internacional del Trabajo.
- Karim, M., Emrul, M., Amin, N., & Hasan, M. (2014). Improvement of Workflow and Productivity through Application of Maynard Operation Sequence Technique (MOST). *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <http://www.iiom.org/ieom2014/pdfs/463.pdf>
- *La importancia de las Cruces de San Andrés y la placa de OSB en los paneles de Steel Framing*. (2020, 24 junio). Perfiles JMA. Recuperado 30 de

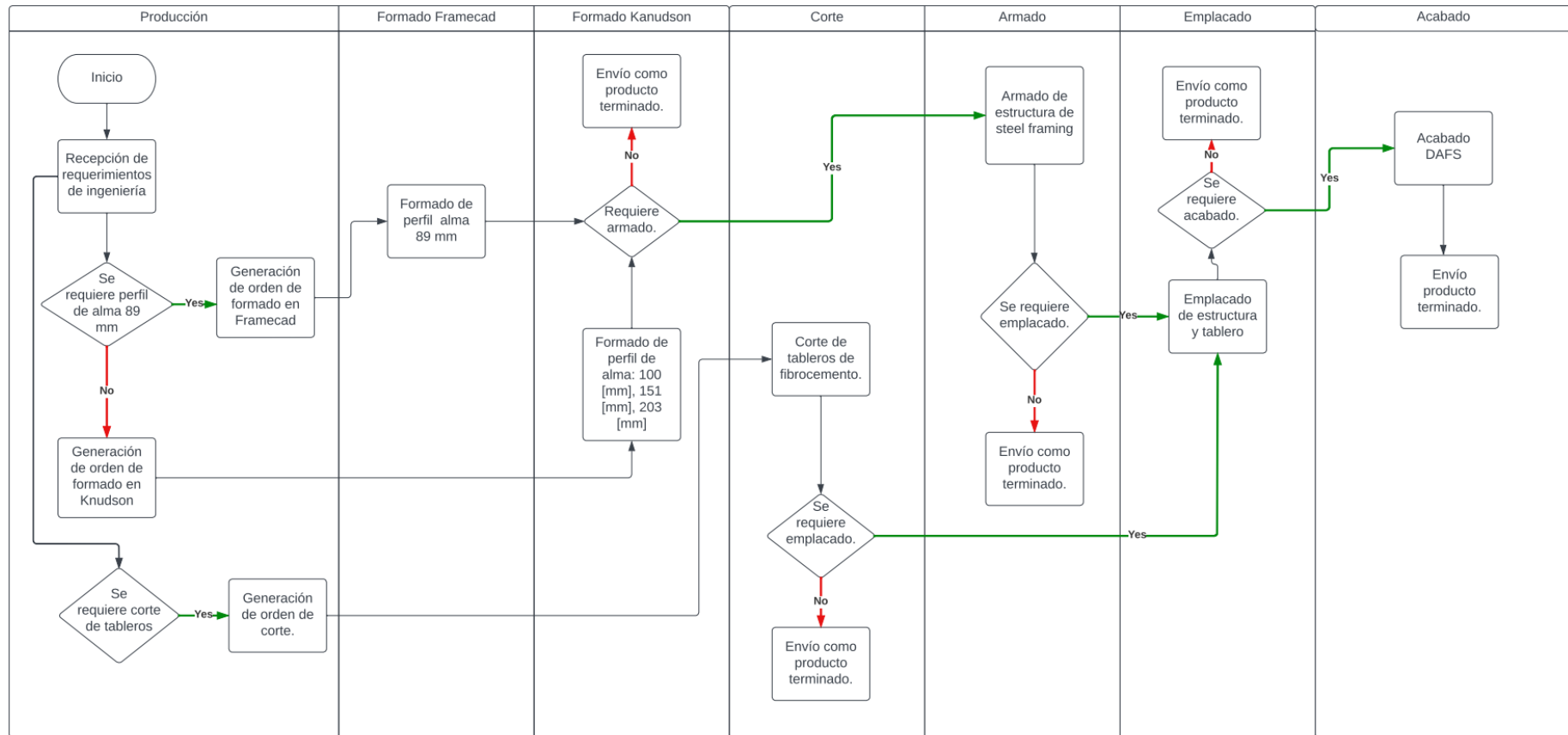
octubre de 2022, de <https://www.perfilesjma.com.ar/la-importancia-de-las-cruces-de-san-andres-y-la-placa-de-osb-en-los-paneles-de-steel-framing/>

- Maynard, H. B., & Zandin, K. B. (2001). *Maynard's Industrial Engineering Handbook* (Subsequent). McGraw-Hill Professional Pub.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: métodos estándares y diseño del trabajo* (12.a ed.). McGraw-Hill Education.
- OECD. (s. f.). *DEFINING AND MEASURING PRODUCTIVITY*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Recuperado 6 de noviembre de 2022, de <https://www.oecd.org/sdd/productivity-stats/40526851.pdf>
- PGC Perfil Industrializado C. (2021). INSUMASUR. <https://www.insumasur.com/perfiles/perfiles-steel-framing/pgc-perfil-industrializado-c/>
- Sanchis Gisbert, R. (s. f.). *Diagramación de procesos*. Repositorio Institucional de la Universitat Politècnica de València. Recuperado 5 de diciembre de 2022, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/144115/Sanchis%20-%20Diagramación%20de%20Procesos.pdf?sequence=1#:~:text=Fuente%3A%20Elaboración%20Propia.-,Cursograma%20Analítico,acción%20y%20las%20distancias%20recorridas>
- Skinco Colombit. (s. f.). *Manual técnico Superboard*. Ayaeca. Recuperado 5 de noviembre de 2022, de <https://www.ayaeca.com/wp-content/uploads/2016/11/Skinco-Manual-Superboard.pdf>
- *Steel Framing – Espacio Smart*. (s. f.). Recuperado 25 de octubre de 2022, de <https://espaciosmart.com.py/soluciones/steel-framing/>
- SteelConstruction. (s. f.). *Design*. steelconstruction.info. Recuperado 5 de noviembre de 2022, de <https://www.steelconstruction.info/Design>
- Torrents, A. S., Vilda, F. G., & Postils, I. A. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Díaz de Santos.











- Zadecon. (s. f.). *Soluciones para la mejora de la Productividad Industrial*. zadecon. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de <https://zadecon.es/assets/descargas/libros/soluciones-para-la-mejora-de-la-productividad-industrial-con-zadecon.pdf>
- Zandin, K. B., & Schmidt, T. M. (2020). *MOST® Work Measurement Systems*. Taylor & Francis.

7. ANEXOS

Anexo 1 Diagrama del proceso de producción.



Anexo 2 Formato de diagrama de flujo de proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO					
Proceso: Acabado.					
Elaborado por: Proceso: Fecha:	SÍMBOLO	ACTIVIDAD			
		Operación	0		
		Transporte	0		
		Inspección	0		
		Espera	0		
		Almacenaje	0		
NUMERO	SÍMBOLOS PROCESOS				
					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
10					
11					
12					
13					
14					

Anexo 3 *Layout actual de la planta.*



