



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

**Facultad de Ingeniería Industrial y
Turismo**

Departamento de Ingeniería Industrial

Trabajo de Diploma

*Título: Determinación de la Capacidad Productiva de la
"Unidad Básica Carpintería de Aluminio"
de la Empresa Constructora Militar (ECM No 3)
Villa Clara.*

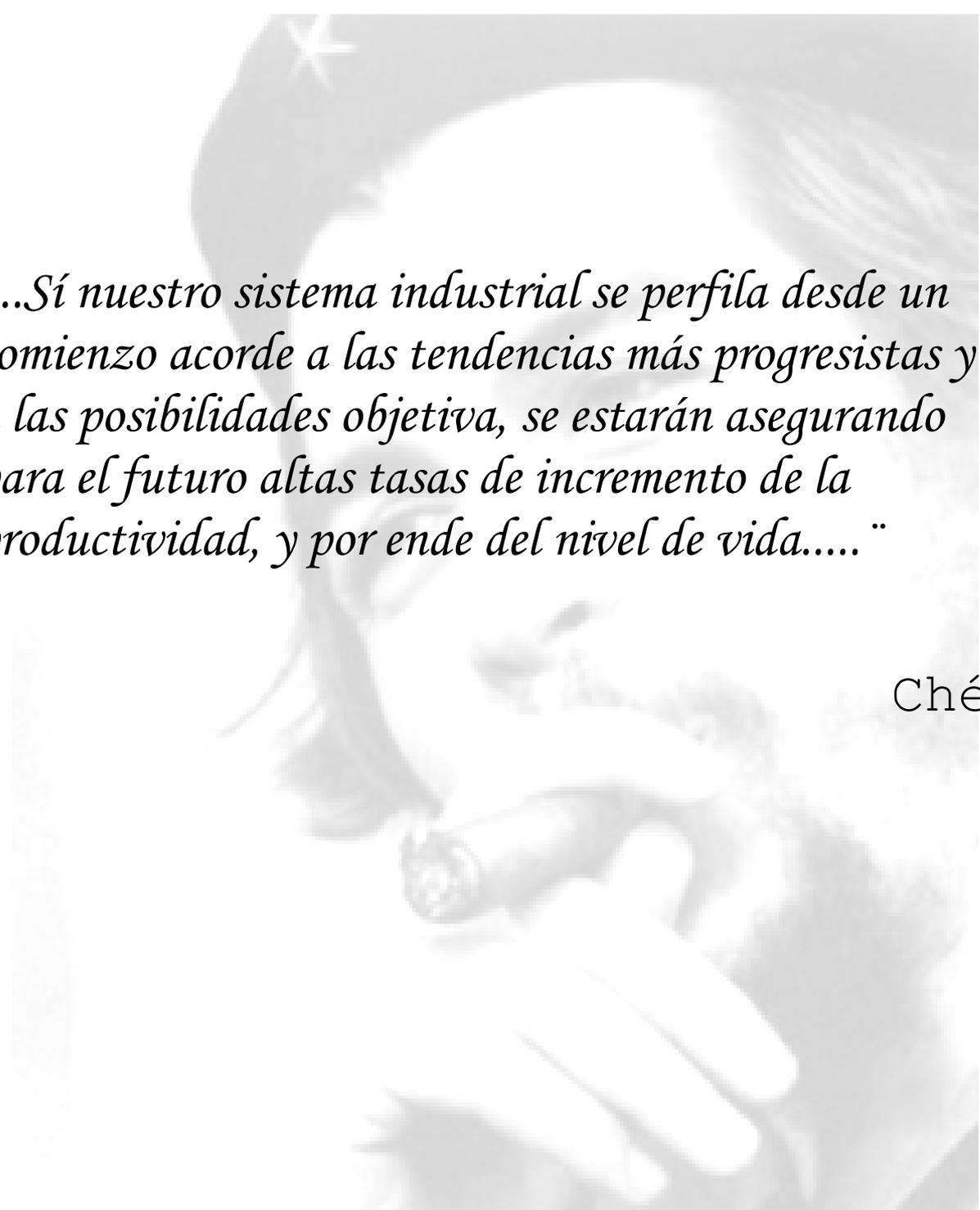
Autor: Darien Echemendia Jorge.

Tutor Dr. Roberto Cespón Castro.

*Santa Clara, 2009,
"Año 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución"*

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA





....Sí nuestro sistema industrial se perfila desde un comienzo acorde a las tendencias más progresistas y a las posibilidades objetiva, se estarán asegurando para el futuro altas tasas de incremento de la productividad, y por ende del nivel de vida.....”

Ché

Dedicatoria

- ❖ *A mi Madre por ser lo más grande que poseo en mi vida, la que siempre responde aun cando todos fallan.*
- ❖ *A mi Familia que me brindo apoyo en todo momento y que sintió suyo este trabajo.*
- ❖ *A mi esposa Adisleidys que supo empujarme a lograr esto y comprenderme en todo instante ausente o presente.*
- ❖ *A Todos lo que confiaron en mí y esperaban pacientemente este momento*

Agradecer es siempre tarea difícil, en la memoria se ausentan algunos nombres. Pido desde ahora disculpas a quien resulte olvidado o víctima de las limitaciones de espacios

- ❖ A la Revolución, que me permitió hacer realidad mi sueño
- ❖ Al pueblo cubano, a todos aquellos hombres y mujeres que día a día luchan por mantener en alto las banderas de paz, justicia y libertad
- ❖ Al personal de la Empresa Geocuba y Empresa Constructora Militar de Villa Clara y en especial al personal de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio que brindo la atención necesaria y me posibilitaron entorpecer su trabajo para salir triunfante.
- ❖ A Milia, Addiel, Raisy, que de una manera o otra apoyaron desde diferentes frentes la realización de este trabajo.
- ❖ A mis profesores y tutores Dr. Roberto Cespón Castro y Dr. Rafael Ramos Gómez, paradigmas indiscutibles para mi formación profesional.
- ❖ A mi madre que siempre ha constituido mi inspiración profesional y que resultó motor impulsor en el último momento cuando todo se tornaba oscuro
- ❖ A mi padre que en materia de oficios y de la vida siempre me ha guiado.
- ❖ A mi esposa Adisleidys y a su familia que son personas muy especiales para mí.
- ❖ A mi familia por haberme brindado todo el apoyo incondicional y su gran esfuerzo para hacer posible este momento.
- ❖ A mis eternos amigos que siempre serán el apoyo más grande que tenga un hombre en su vida
- ❖ A todos los que de una forma u otra contribuyeron para que con su ayuda pudiera realizar esta tesis, gracias de corazón.

MUCHAS GRACIAS A TODOS

Resumen

En el presente trabajo se realiza la determinación de las capacidades de producción de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio, perteneciente a la Empresa Constructora Militar de Villa Clara. En este empeño se utilizaron dos métodos esenciales, uno para las denominadas ventanas Miami por ser una producción repetitiva que se realiza en grandes cantidades y el otro para el resto de los productos.

Para la determinación de la capacidad de producción en ambos casos, previamente se realizó un pronóstico de la demanda a considerar y un cronometraje para determinar las normas de tiempo y trabajar así con una información fidedigna.

Todos los cálculos realizados están soportados sobre una basta revisión bibliográfica que fundamentan los métodos empleados.

Summary

In the present work is to determine the production capacity of Aluminum Basic Unit, part of the Military Construction Company of Villa Clara. In this endeavor, using two basic methods, one for windows called Miami as a repetitive production is made in large quantities and the other for the rest of the products.

For the determination of production capacity in both cases, was previously a demand forecasting and timing to consider in determining the rules of time and work well with reliable information.

All calculations are supported on a bibliographic review just behind the methods used.

Índice		# Página
Introducción		1
Capítulo I	Marco Teórico-Referencial de la investigación.	
1.1	Estrategia para la construcción del Marco Teórico y Referencial de la investigación	5
1.2	Función de Operaciones. Conceptos.	6
1.3	Pronóstico de la demanda.	8
1.3.1	Métodos de pronóstico para la determinación de la demanda.	11
1.3.1.1	Técnicas cualitativas de pronósticos.	12
1.3.1.2	Técnicas cuantitativas de pronósticos. Modelos de series de tiempo y modelos causales.	13
1.3.2	Errores de pronósticos.	19
1.4	Estudios de tiempos.	20
1.4.1	Clasificación de la norma de trabajo.	21
1.4.2	Métodos y técnicas para el cálculo de las normas de trabajo.	22
1.5	Capacidad de Producción.	23
1.5.1	Métodos para determinar la capacidad productiva en empresas de producción heterogéneas.	25
1.6	Conclusiones Parciales	30
Capítulo II	Determinación de las informaciones de entrada para la determinación de la capacidad de producción de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio	
2.1	Caracterización de la Empresa Constructora Militar (ECM No3).	31
2.2	Caracterización de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio (UBCA).	32
2.3	Determinación del pronóstico de la demanda de Productos.	34
2.4	Determinación de las Normas de Tiempo.	41
2.4.1	Etapas de realización del cronometraje.	42
2.5	Conclusiones parciales.	46
Capítulo III	Determinación de la capacidad de producción de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio de la Empresa Constructora Militar de Villa Clara	
3.1	Pasos para el cálculo de la capacidad productiva para los productos restantes	47
3.2	Determinación de la capacidad de producción de la Ventana Miami	52



	3.2.1	Determinar indicadores para determinar la capacidad de producción	54
	3.3	Conclusiones parciales.	56
		Conclusiones Generales	57
		Recomendaciones	58
		Bibliografía	59
		Anexos	

Introducción

La gestión de los sistemas, logísticos debe garantizar la sincronización de los rendimientos de todos los procesos de la cadena en función del ritmo de la demanda a satisfacer. Para lograr esta coordinación de rendimientos se requiere asegurar las capacidades de producción adecuadas en cada proceso de la cadena de suministro y en cada intervalo de tiempo.

El cálculo de las capacidades de los procesos en las empresas, el análisis del nivel de su utilización y el plan de medidas para su mejoramiento constituye uno de los puntos claves para argumentar los planes de la empresa, orientar eficientemente las inversiones, promover los planes de cooperación de la producción y orientar los planes de desarrollo técnico, entre otros aspectos de la actividad económica de toda organización.

Por tal motivo, el cálculo, balance y análisis de las capacidades de los procesos constituyen elementos importantes en la actividad de las empresas, lo cual está asociado al ahorro de cuantiosos recursos materiales, laborales y financieros. En esta tendencia, no constituyen una excepción, aquellos procesos que conforman la Carpintería de Aluminio seleccionada como objeto de estudio del presente trabajo.

En los últimos años la política del país en lo que respecta a la actividad de la construcción, se ha enfocado hacia el desarrollo de construcciones más sólidas, capaces de resistir los huracanes y que además resulten duraderas. En tal sentido, se ha planteado la sustitución paulatina de la carpintería de madera por carpintería de aluminio, siendo posible además el logro de una estética adecuada.

La Unidad Básica Carpintería de Aluminio, perteneciente a la Empresa Constructora Militar de Villa Clara, constituye una de las más importantes que en el país hace posible esta nueva política. Sin embargo, resulta indiscutible que para lograr buenos resultados en este empeño, es imprescindible conocer la capacidad de producción que presenta esta entidad, en cuanto se ha ido formando no bajo un proyecto previamente concebido, sino mediante la incorporación de equipamiento en la medida que fue creciendo la gama de productos que elaboraba. Esto además presupone un conocimiento más o menos aproximado de la

demanda de sus producciones principales y de las normas de tiempo que se emplean en cada una de las operaciones tecnológicas. Lamentablemente, los tres elementos mencionados (demanda, normas de tiempo y capacidad de producción), son utilizados en esta organización de manera empírica sin una adecuada base científica.

En ese sentido, el hecho de que la Unidad Básica Carpintería de Aluminio, perteneciente a la Empresa Constructora Militar de Villa Clara, no tenga definida su capacidad de producción en cuanto a toda la nomenclatura y surtido de productos que es capaz de realizar y que demanda su mercado cada vez más creciente dada la importancia de sus producciones para lograr construcciones duraderas y resistentes a los huracanes, constituye la situación problemática del presente trabajo.

Como **hipótesis de la investigación** se plantea que si se determinan con una precisión aceptable las informaciones de entrada (demanda y normas de tiempo) para la fabricación de la diversidad de productos de la Unidad Básica de Carpintería de Aluminio, será posible la determinación de su Capacidad de Producción, lo que servirá a la Alta Dirección de la entidad para tomar decisiones adecuadas sobre los pedidos que puede aceptar de los clientes.

Esta hipótesis quedará validada si al concluir el presente trabajo de diploma se logra:

- Determinar las normas de tiempo de los productos en la nomenclatura y surtido que posee la entidad objeto de estudio.
- La realización de un pronóstico de la demanda de productos a partir de la información disponible en la unidad.
- La determinación de la capacidad de producción de la gama de productos de la unidad objeto de estudio.

El **objetivo general de la investigación** es determinar la capacidad de producción de la entidad objeto de estudio, para facilitar a la Alta Dirección de la misma, la toma de decisiones en cuanto a la diversidad y cantidad de productos que puede aceptar de los clientes. Del mismo se derivan los objetivos específicos siguientes:

1. Construir el marco teórico - referencial de la investigación, derivado de la consulta de la literatura científica internacional y nacional más actualizada sobre las temáticas: pronóstico, estudio de tiempos y capacidad de producción.
2. Elaborar un pronóstico de la demanda a partir de datos históricos de la Unidad Básica de Carpintería de Aluminio, que sirva como información de entrada para la determinación de la capacidad de producción.
3. Realizar un estudio de tiempos, con un nivel de aproximación lo más realista posible que sirva también como información de partida para la determinación de la capacidad de producción
4. Determinar la capacidad de producción de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio de la Empresa Constructora Militar de Villa Clara.

Para cumplir dichos objetivos la investigación se estructurará en tres Capítulos:

Capítulo 1: Marco teórico – referencial de la investigación. Se incluyen los temas mencionados en el primero de los objetivos antes mencionados.

Capítulo 2: Determinación de las informaciones de entrada para la determinación de la capacidad de producción de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio. En este capítulo se expone en primer lugar la selección del método de pronóstico que más se corresponde con la información disponible en la entidad objeto de estudio, atendiendo a los criterios estadísticos recomendados en la literatura. En segundo lugar será realizado un estudio de tiempos para determinar las normas de tiempo por operación. Ambos aspectos constituyen

la información de entrada más importante para la determinación de la capacidad de producción en el objeto de estudio seleccionado.

Capítulo 3: Determinación de la capacidad de producción de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio de la Empresa Constructora Militar de Villa Clara, seleccionando los métodos adecuados, pasando posteriormente al cálculo correspondiente, con lo que quedará validada la hipótesis del trabajo.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Estrategia para la construcción del Marco Teórico y Referencial de la investigación

Este capítulo tiene como objetivo crear una base científica para el desarrollo de la tesis, para lo cual se siguió el hilo conductor que se muestra en la figura (**ver Figura 1.1**), que contiene en síntesis el estado del arte en la temática objeto de estudio. Se realizó un análisis crítico de la bibliografía y otras fuentes con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación. Para mantener una proporcionalidad a lo largo del trabajo, el estado de la práctica (rama de la derecha de la figura 1.1) se ha preferido abarcarlo en el segundo capítulo de la tesis.

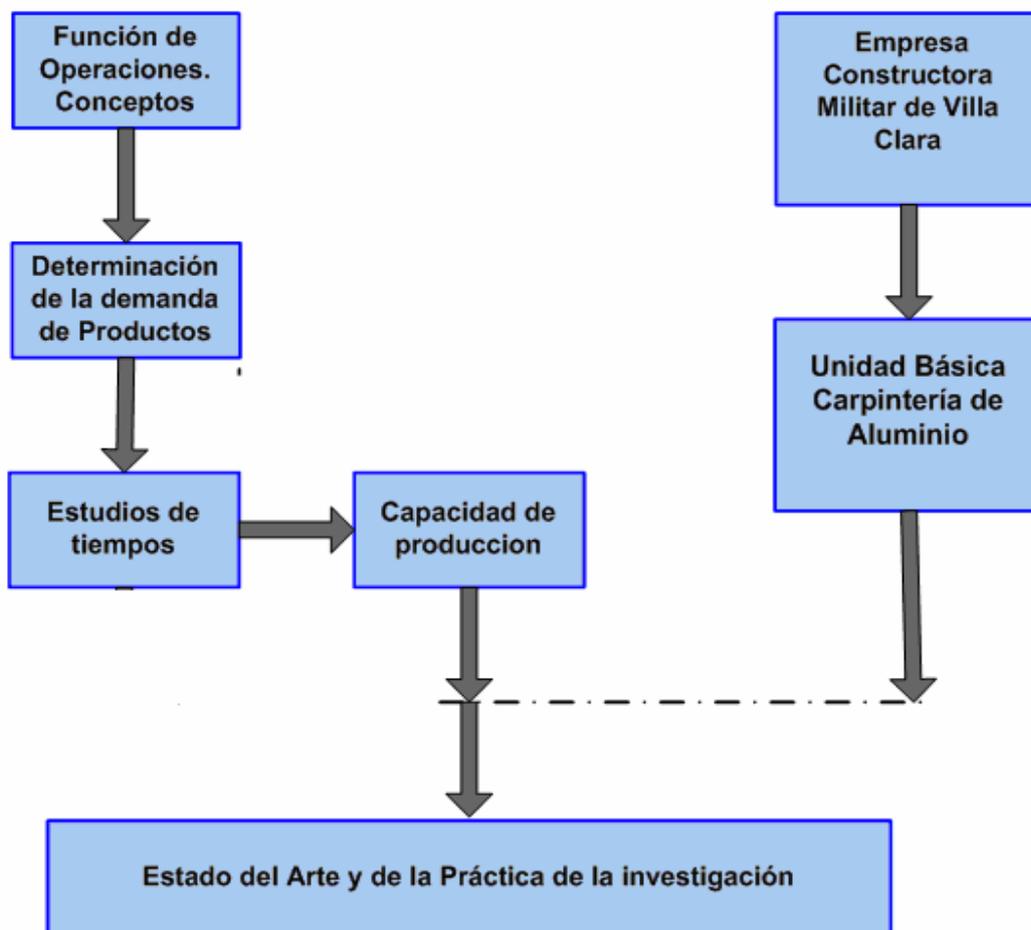


Figura 1.1 Hilo conductor de la investigación. **Fuente:** Elaboración propia

1.2 Función de Operaciones. Conceptos

La administración de operaciones se relaciona con la producción de bienes y servicios. Todos los días se tienen contacto con una abundante gama de bienes y servicios, los cuales se producen bajo la supervisión de administradores de operaciones. **Schroeder (1992)** define a la administración de operaciones como el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones. Existen 3 puntos en esta definición que merecen un mayor énfasis:

Función: Los gerentes de operaciones son responsables del manejo de aquellos departamentos o funciones de las organizaciones que producen bienes y servicios. En las compañías de manufactura, la función de operaciones podría denominarse departamento de manufactura, de producción o de operaciones. En las de servicios podrían denominarse departamento de operaciones o también puede recibir algún nombre peculiar debido a la industria en particular. En general se utiliza el término genérico **operaciones** para referirse a la función que produce los bienes y servicios en cualquier organización.

Sistema: La definición anterior se refiere a sistemas de transformación que producen bienes y servicios. El enfoque de sistemas en operaciones también proporciona información para el diseño y administración de los sistemas productivos en áreas funcionales que se encuentran fuera de la función de operaciones. El enfoque de sistemas proporciona no solo las bases común para definir las operaciones de servicios y manufactura como sistemas de transformación, sino también una base poderosa para el diseño y análisis de las operaciones.

Decisiones: La toma de decisiones es un elemento importante en la administración de operaciones. Como todos los gerentes toman decisiones, resulta natural enfocar la toma de decisiones como tema central de las operaciones. Existen cinco áreas importantes de la toma de decisiones en la administración de operaciones: **proceso, capacidad, inventarios, fuerza de trabajo y calidad**. Estas áreas proporcionan la estructura necesaria para

describir lo que hacen los gerentes de operaciones y se encuentran en la mayoría de las operaciones, si es que no en todas.

Entre las áreas importantes de la toma de decisiones en la administración de operaciones, se encuentran:

Proceso: Las decisiones de esta categoría determinan el proceso físico o instalación que se utiliza para producir el producto o servicio. Las decisiones incluyen el tipo de tecnología y de equipo, el flujo del proceso, la distribución de planta así como todos los demás aspectos de las instalaciones físicas o de servicios.

Capacidad: Las decisiones sobre la capacidad se dirigen al suministro de la cantidad correcta de capacidad, en el lugar correcto y en el momento exacto. La capacidad a largo plazo la determina el tamaño de las instalaciones físicas que se construyen. A corto plazo, en ocasiones se puede aumentar la capacidad por medio de subcontratación, turnos adicionales o arrendamiento de espacio. La planeación de la capacidad determina el número apropiado de gente en la función de operaciones.

Inventarios: Las decisiones sobre inventarios en operaciones determinan lo que se debe ordenar, que tanto pedir y cuando solicitarlo. Los sistemas de control de inventarios se utilizan para administrar los materiales desde su compra, a través de los inventarios de materia prima, de productos en proceso y de productos terminados. Los gerentes de inventarios deciden cuanto gastar en inventarios, donde colocar los materiales y administran el flujo de materiales dentro de la empresa.

Fuerza de trabajo: La administración de personal es el área de decisión mas importante en operaciones, debido a que nada se hace sin las personas que elabora el producto o brindan un servicio. Las decisiones sobre fuerza de trabajo incluyen la selección, contratación, despido, capacitación, supervisión y compensación. Las mismas la toman los gerentes con frecuencia con la asistencia de la oficina de personal o de recursos humanos. Administrar la fuerza de trabajo de manera productiva y humana, es una tarea clave para la función de operaciones hoy en día.

Calidad: La función de operaciones es responsable de la calidad de los bienes y servicios producidos. La calidad es una importante responsabilidad de operaciones que requiere del

apoyo total de la organización. Las decisiones sobre calidad deben asegurar que la misma se mantenga en el producto en todas las etapas de las operaciones: se deben establecer estándares, diseñar equipos, capacitar gente e inspeccionar el producto o servicio para obtener un resultado de calidad.

La administración de operaciones es un área funcional de las empresas. Las áreas funcionales se relacionan con un enfoque particular de la responsabilidad o toma de decisiones de una organización. La función de operaciones tiene la responsabilidad de la producción de bienes y servicios (generar la oferta) y finanzas es responsable de la adquisición y distribución del capital.

Operaciones como un sistema productivo.

La administración de operaciones esta definida como la administración de los sistemas de transformación que convierten insumos (energía, materiales, mano de obra, capital e información, en bienes y servicios mediante la tecnología del proceso. Si se cambia de tecnología, se altera la manera en que se utilizan un insumo en relación con otro.

Los tipos de insumos que se utilizan varían de una industria a la otra. Si la operación es de manufactura de automóviles, se harán necesarios los insumos de capital y energía para las máquinas, instalaciones y herramientas. Se necesitará mano de obra para operar y mantener el equipo e insumos de materiales que formarán la base del proceso de conversión de materia prima a producto terminado.

1.3 Pronóstico de la demanda

Hasta la última década, los pronósticos eran, en su mayoría, un arte. Sin embargo ahora también se han convertido en una ciencia. De hecho los pronósticos han recorrido un largo camino desde la magia negra, la predicción de la fortuna por medio de las estrellas y las bolas de cristal. **(Schroeder 1992)**. Hacer pronósticos de la demanda es una de las tareas más importantes en el mercadeo de un producto o servicio. El pronóstico debe realizarse durante el proceso de planeación y con él se determina las metas y objetivos de una empresa.

El personal de producción y de operación utiliza pronósticos para tomar decisiones periódicas con respecto a la selección de procesos, a la planificación de la capacidad, a la planificación de la producción, a la programación de actividades y al inventario.

Existen 3 leyes fundamentales de los pronósticos:

1. Todos los pronósticos están equivocados.
2. Todos los pronósticos cambian.
3. Alguien (usted) será finalmente responsable por el acierto del pronóstico.

La importancia de estas tres afirmaciones está en sus implicaciones. Reconocerlas primero, y aceptarlas después, es esencial para no sobreestimar la herramienta, y aun así conseguir sacar provecho de ella.

Dado que los pronósticos son errados, el decisor se enfrenta a una cuestión crítica: ¿es preferible errar por exceso o por deficiencia? Muchas veces la respuesta a este dilema está inspirada en razones estratégicas. (Edelman, 2007). Son muchas las frases recogidas por la literatura que abordan la contradicción entre exactitud y necesidad de las técnicas de pronóstico (ver Companys Pascual 1990; Merrill 1981; Schroeder 1992; Maynard 1984; Everett et al. 1991; Riggs 1984), por ejemplo: “los pronósticos siempre están equivocados”; “es raro que las ventas sean iguales a la cantidad exacta que se pronosticó”; “lo único exacto de una previsión es que no será exacta al 100%”; “la mayoría de las previsiones nunca llegan a formalizarse, son adivinaciones o corazonadas, basadas en la experiencia personal y en el tipo de carácter (optimista o pesimista) del que las realiza”; “prever el futuro sobre la base del pasado es como conducir un auto en una carretera de muchas curvas con todos los cristales delanteros y laterales cubiertos y solo mirando hacia atrás”; los pronósticos comerciales precisos son prácticamente imposibles”.

Mayor preocupación existe aún, cuando el fenómeno a estudiar es de carácter económico. Así, al vincularse con la complejidad y variabilidad del ser humano, provoca desconfianza en el desarrollo de estudios relacionados con el consumo, para predecir valores futuros, sobre la base de datos históricos. Sin embargo, Everett et al. (1991) plantea sencillamente: “si bien todos los elementos de la administración de operaciones son

importantes, considero que los pronósticos son uno de los elementos decisivos en la estructura de las operaciones” y a continuación plantea: “las necesidades del mercado están cambiando y hoy, más que nunca, tenemos que cumplir en la entrega de productos”. En consecuencia, hoy, se le ha dado una mayor importancia a la predicción. Pronosticar es esencial para aumentar la ventaja competitiva, a la vez que permite reaccionar rápidamente y con precisión a los cambios del mercado.

Varios autores han definido al pronóstico (**tabla 1.1**), de lo cual se puede generalizar que es la estimación anticipada del valor de una variable en el tiempo. Que se obtiene proyectando datos del pasado que se combinan sistemáticamente, o sea que se requieren técnicas estadísticas, matemáticas y de la ciencia administrativa.

Definiciones de pronóstico
<p>Sierra Romero 2003</p> <p>Los pronósticos pueden medir o cuantificar la variabilidad de la demanda durante un tiempo esperado. Pronosticar es el arte de especificar información significativa acerca del futuro. Se menciona que los pronósticos jamás son perfectos debido a que, básicamente se utilizan métodos que generan pronósticos sobre la base de información previa. Los pronósticos serán menos confiables mientras mayor sea el horizonte a pronosticar.</p>
<p>Oliveros 2002</p> <p>Proceso de estimacion de un acontecimiento futuro, proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimacion del futuro</p>
<p>Everett et al. (1991)</p> <p>Plantea: “En los ámbitos empresarial, económico y político, el pronóstico tienen diversos significados. Adoptaremos una definición más bien específica del pronóstico y define que: Pronóstico: Es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro, sobre la base de datos del pasado, los que se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer la estimación.</p>
<p>Company's Pascual (1990)</p>

Expone: Pronosticar es estimar el futuro sin nuestra participación, Al estudiar los pronósticos se debe ser cuidadoso, no sumergirse demasiado en las técnicas y no perder de vista las razones para aplicarlas.

El pronóstico en sí, no es un producto final, sino que debe utilizarse como una herramienta en la toma de decisiones.

Schroeder 1992

Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos, se refiere a lo que sucederá en el futuro. Aplicado a la demanda constituye el intento de determinar el estimado de demanda para el producto o servicio que una organización espera suministrar en el futuro.

Edelman 2007

Expone que los pronósticos son una estimación de la demanda futura. Para lograrlo, se utilizan diversas técnicas que combinan el conocimiento de su comportamiento pasado, su relación con otras variables, y apreciaciones sobre su comportamiento futuro. Los pronósticos son una forma de atenuar la incertidumbre con la que deben convivir los directivos de empresa. Ya sea con técnicas muy complejas, o con métodos simples.

Tabla 1.1 Definiciones de pronóstico. **Fuente:** Elaboración propia

1.3.1 Métodos de pronóstico para la determinación de la demanda

Las técnicas empleadas en la realización de pronósticos varían en función del contexto en que se mueve el fenómeno objeto de la previsión. Las técnicas de pronóstico constituyen una base importante para la prospectiva, en lo que concierne al análisis preliminar de futuros probables. En principio, los métodos pueden clasificarse en dos categorías:

Método informal, los pronósticos informales son realizados en base a conjeturas, predicciones imaginativas y la intuición de las personas. Definitivamente no son métodos recomendados.

Método formal, este método se puede clasificar en dos grandes categorías: técnicas cuantitativas y técnicas cualitativas. Varios autores (**ver Anderson s.a. 1990; Calero Viner 1986; Companys Pascual 1990; Ríos 1983; Oliveros 2002; Schroeder 1992; Díaz 1993; Uriel 1985; Hillier / Lieberman 1991**) coinciden en que:

Las técnicas cualitativas se basan, fundamentalmente, en el conocimiento humano y efectúan las estimaciones futuras a partir de informaciones cualitativas, tales como, opiniones de uno o más expertos, analogías, comparaciones, etcétera. En ocasiones son conocidas como técnicas subjetivas. Estos pronósticos deben utilizarse cuando los datos del pasado no resulten confiables como indicadores de las condiciones del futuro. También deben utilizarse para la introducción de nuevos productos cuando no se dispone de una base de datos histórico. La mayoría es de bajo costo y no requieren de equipo computacional para realizarse, aunque su planeación implica una gran inversión de tiempo por parte de los directivos.

Las técnicas cuantitativas se apoyan en dos técnicas estadísticas convencionales: el análisis de series de tiempo o cronológicas (la variable independiente es el tiempo) y los modelos causales. Así, **Schroeder (1992)**, **Díaz (1993)**, **Ríos (1983)**, **Uriel (1985)** y **Hillier /Lieberman (1991)** consideran que, en los modelos causales, el tiempo no es la variable independiente base para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuales son “exactamente” estas relaciones, siendo la forma más común de encontrarlas, las ecuaciones de regresión.

1.3.1.1 Técnicas cualitativas de pronósticos

En ocasiones, los pronósticos no se realizan utilizando modelos matemáticos formales, sino a través de las opiniones de los expertos en la materia. La práctica común consiste, en reunir a varios expertos en la materia, los cuales, tras una serie de reuniones y discusiones, llegan a una conclusión (dinámica de grupos). Existen las técnica: método Delphi, Brainstorming (tormenta de ideas), embalse de ideas, exposición de ideas, vigilancia del entorno o monitoreo (monitoring) y consultas de mercado, expuestas en **Medina León et al. (2002)**. En la **Tabla 1.2** se resumen algunas características de otros métodos cualitativos referidos en **Padrón Robaina (1999)**; **Schroeder (1992)**; **Machuca (1994)**.

1.3.1.2 Técnicas cuantitativas de pronósticos. Modelos de series de tiempo y modelos causales

Modelos de series de tiempo

Los modelos por series de tiempo se fundamenta en la recogida de unos conjuntos ordenados de observaciones para varios períodos iguales de tiempo, que indican, la evolución de los valores de las variables objeto de estudio en el tiempo y se trata de extrapolar ese comportamiento hacia el futuro. Se utilizan para hacer el análisis detallado de los patrones de demanda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones hacia el futuro. Una suposición de estos métodos es que la demanda se puede dividir en componentes como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclos y error. Los modelos de series de tiempo son esencialmente útiles para pronosticar a corto y mediano plazo. Una serie de tiempo puede verse como la representación de los resultados de la variable aleatoria de interés a lo largo de un período fijo, por lo general, registrado a intervalos igualmente espaciados (ver **Companys Pascual 1990; Rodríguez Hernández 1974; Hillier /Lieberman 1991; Anderson s.a. 1990.; Kazmier s.a. 1989**). Su costo tiende a ser bajo, excepto para algunas técnicas como Box-Jenkins, que implica un software un tanto oneroso. Existen muchos métodos que hacen uso de esta información, alguno de los cuales se abordan más adelante.

.Modelos causales

En general los métodos causales de pronósticos desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda y otras variables. El tiempo no es la variable independiente base, para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuáles son exactamente esas relaciones. Se pueden obtener datos sobre estas variables y efectuar un análisis para la validez del modelo propuesto. Suponen que la demanda de un artículo depende de uno o más factores independientes. Son muy útiles a corto y mediano plazo. Posteriormente, se conocerán algunos de estos métodos.



Según **Schroeder (1992)**; **Machuca (1994.)** existen diferentes técnicas de series de tiempo y causales. En la **Tabla 1.3**, se resumen algunas técnicas y sus características.

Métodos y Características	Breve descripción	Horizonte	Datos	Complejo	Precisión	Tiempo elaboración	Costo	Nivel de utilización
Opiniones y juicios de ejecutivos	Equipos multidisciplinarios, opiniones subjetivas	Muy largo	10 mín.	Media	Regular	Medio	Medio	Elevado
Opiniones de ventas	Estimaciones obtenidas de los expertos en ventas	Medio	5-20 personas	Mínima	Regular	Mínimo	Medio	Elevado
Estudios de mercado	Se desarrolla mediante grupos, cuestionarios, pruebas de mercados o estudios que se usan para obtener datos sobre las condiciones futuras del mercado.	Muy corto	Mínimo 300	Media	Buena	Medio	Alto	Reducido
Opiniones y juicios de directivos	Estimaciones obtenidas de los directivos después de recopilar información	Muy largo	5-20 personas	Media - alta	Buena	Alto	Medio a alto	Reducido
Método Delphi	Cuestionarios anónimos de personas con conocimientos y experiencia logrando un consenso sobre el pronóstico final.	Corto, medio y largo	9 personas	Media	Regular a muy buena	Medio	Medio a alto	Medio

<p>Analogía de los ciclos de vida</p>	<p>Predicción basada en las fases de: introducción, crecimiento y saturación de productos similares. Aprovecha las curvas de crecimiento de las ventas.</p>	<p>Medio largo</p>	<p>Sin mínimo</p>	<p>Media</p>	<p>Regular a buena</p>	<p>Medio</p>	<p>Medio</p>	<p>Medio</p>
---------------------------------------	---	--------------------	-------------------	--------------	------------------------	--------------	--------------	--------------

Tabla 1.2. Métodos cualitativos y criterios de aplicación. Fuente: elaboración Padrón Robaina (1999).

Modelos (series de tiempo)	Descripción
Media Móvil (MM)	El pronóstico se basa en un promedio aritmético de un número de puntos de valores o datos de demanda del pasado para predecir la demanda futura. Combina los datos de la demanda de la mayor parte de los periodos recientes, siendo su promedio el pronostico para el periodo siguiente. Se utiliza para la planeación de corto a mediano plazo
Media Móvil Ponderada (MMP)	Es un modelo de media móvil que incorpora algún peso de la demanda anterior distinto a un peso igual para todos los periodos anteriores bajo consideración. Responde con mayor rapidez a los cambios de la demanda
Suavizado exponencial	Se distingue por la manera tan especial de dar peso a cada una de las demandas anteriores, la demanda de los periodos mas recientes reciben un peso mayor. La ecuación para crear un pronóstico nuevo o actualizado utiliza dos fuentes de información: la demanda real para el periodo más reciente y el pronóstico mas reciente. A medida que termina cada periodo se realiza un nuevo pronóstico. . Se utiliza para la planeación a corto a mediano plazo
Modelos Matemáticos	Se pronostica la demanda mediante un modelo lineal o no lineal ajustado con los datos de series de tiempo, normalmente mediante regresión lineal. Incluye las líneas de tendencias, polinomios, logaritmos lineales, series de Fourier. Se utiliza para la planeación a corto a mediano plazo. Tiene limitaciones debido al costo y a su uso con pocos productos.
Box – Jenkins:	Se pronostica la demanda mediante un método de auto correlación que se usan para identificar las series de tiempo y para ajustar el mejor modelo. Se necesitan aproximadamente 60 periodos de datos del pasado. Su uso resulta demasiado costoso para los pronósticos de muchos artículos a corto plazo.
Modelos Causales	Descripción
	Este método predice la demanda futura a partir de una línea recta o de otro tipo formada por los datos de demandas pasadas. Relaciona la demanda con otras variables externas o internas que tienden a cambiar la demanda. Este método de regresión utiliza los mínimos cuadrados para obtener un mejor ajuste entre

Regresión	las variables. Si sólo se usa una variable del pasado se le llama <u>regresión simple</u> . Si se usan dos o más variables del pasado, se le nombra regresión múltiple. Su costo es medio. Uso para la planeación a corto y mediano plazo
Econométricos	Un sistema de ecuaciones de regresión independientes que describe algún sector de la economía o actividad. Se usa para el pronóstico de ventas por clases de productos para la planeación a corto y mediano plazo. Su costo es alto
De insumo	Un método para pronosticar que describe el flujo de un sector de la economía a otro para predecir los insumos que se necesitan para producir los productos que requieren otro sector. Se usa para el pronóstico de ventas de toda la empresa por sectores económicos de a mediano plazo a largo plazo. Su costo es muy elevado
Simulación	Estos modelos son especialmente útiles cuando se modela un sistema de distribución o de logística con fines de pronósticos trata de <u>modelos</u> dinámicos, usualmente basados en <u>computadoras</u> , que cruzan los datos de las variables internas (capacidad de producción, por ejemplo) y externas (niveles de <u>poder</u> adquisitivo de su mercado) para pronosticar la demanda. Su costo es alto

Tabla 1.3. Métodos cuantitativos y sus características. Fuente: elaboración Propia

Existen otras fuentes de información acerca de los métodos de pronósticos **ver el software de ingeniería WINQSB**. En la **Tabla 1.4** se resumen los métodos del programa.

Time series forecasting	Predicción de series temporales
Simple average (SA)	Promedio simple
Moving average (MA)	Media móvil
Weighted moving average (WMA)	Ponderado promedio móvil
Moving average with linear trend (MAT)	De media móvil con tendencia lineal
Single exponential smoothing (SES)	Único de alisamiento exponencial
Single exponential smoothing with trend (SEST)	Único de alisamiento exponencial con tendencia
Double exponential smoothing (DES)	Doble suavizado exponencial
Double exponential smoothing with trend	Doble suavizado exponencial con

(DEST)	tendencia
Adaptive exponential smoothing (AES)	De adaptación de alisamiento exponencial
Linear regression with time (LR)	Regresión lineal con el tiempo
Holt Winters Additive Algorithm (HWA)	Algoritmo Aditivo
Holt Winters Multiplicative Algorithm (HWM)	Algoritmo multiplicativo
Linear regression	Regresión lineal

Tabla 1.4. Métodos de pronósticos del WinQSB. Fuente: elaboración propia

1.3.2 Errores de pronósticos

Según **Schroeder (1992)**; **Machuca (1994)**; **Sierra Romero (2003)**, una de las formas que existen para saber si un pronóstico dará buenos resultados es mediante la medición de sus errores. Los criterios que tienen influencia en la selección de los modelos son el costo y la precisión (error de pronóstico). Casi siempre al hacer el pronóstico se puede tener la opción de diferentes modelos, que pueden ser buenos para cualquier tipo de demanda, cuando la selección se basa solamente en el error de pronóstico. En la **tabla 1.5** se resumen los métodos de errores referidos en el **WINQSB**; **Schroeder (1992)**; **Machuca (1994)**; **Sierra Romero (2003)**; **Oliveros 2002**

Error Promedio (E)
Desviación Absoluta Media (MAD)
Error Cuadrático Medio (MSE)
Desviación Típica de los Errores (SDE)
Error Porcentual Medio (MPE)
Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)
Señal de Rastreo (T)

Tabla 1.5. Métodos de Errores. Fuente: elaboración propia

Generalmente para buscar el pronóstico que mejor se ajusta, se analizan varias alternativas de precisión de los errores mediante la Desviación Absoluta Media (MAD) y la Señal de Rastreo (T). El método que permita obtener estos valores más cercanos a cero, será mejor que los demás. La MAD se define matemáticamente de la forma siguiente:

$$MAD = \frac{\text{Suma de las desviaciones absolutas de todos los periodos}}{\text{Numero total de periodos evaluados}} \quad (1.1)$$

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |\text{Demanda Real} - \text{Pronostico}|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |D_t - F_t|}{n} \quad (1.2)$$

Donde: $|D_t - F_t|$ es el valor absoluto del error en el periodo t y n es el valor de periodos que se utilizan en la suma.

La Señal de Rastreo (T) se define matemáticamente de la forma siguiente:

$$T = \frac{\text{Suma acumulada de la desviación del pronóstico}}{MAD} \quad (1.3)$$

La señal de rastreo es un calculo de la tendencia en el numerador dividida entre la estimación mas reciente de MAD. La T debe estar entre -6 y 6 para que el pronóstico sea lo más cercano a la demanda real y así se acepta el modelo.

1.4 Estudios de tiempos

En la actualidad, las empresas requieren de una estimación en los tiempos de cualquier proceso, para así poder medir o cuantificar la producción que se requiere. En este sentido, el principal problema del Ingeniero de Métodos es observar todos y cada uno de los modelos que fabrica la empresa, generalmente no se cuenta con suficiente tiempo para emplear en el estudio, y a su vez tan detallada observación generaría un elevado costo, lo que conlleva a la búsqueda de una técnica o procedimiento para lograr la estandarización de los tiempos de los elementos que conforman los procesos de fabricación.

El estudio de tiempo se define como una técnica de medición par registrar el tiempo y el ritmo de trabajo correspondiente a los elementos de una tarea definida y realizada en condiciones determinadas, así como para analizar los datos con el fin de averiguar el tiempo requerido **Machuca y otros, 1994.**

El estudio de tiempo también se le conoce como medición de trabajo. Esta técnica consiste de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables. **Niebel 1993**. Según **Marsán 1987**; **Orlov 1985**, definen como norma de trabajo, a la expresión de los gastos de trabajo vivo necesarios para la ejecución de una actividad laboral en determinadas condiciones técnico-organizativas, por un trabajador o grupo de trabajadores que posee la calificación requerida y ejecuta su labor con habilidad e intensidad media. Las condiciones técnico-organizativas están dadas por los métodos de trabajos, la organización y servicio al puesto con la materia prima, herramientas y demás útiles a emplear, las condiciones de trabajo ruido, iluminación, temperatura.

1.4.1 Clasificación de la norma de trabajo

Para clasificar las normas de trabajo nos referimos a la forma de expresar el gasto de tiempo, y se pueden clasificar según **Marsán 1987**; **Niebel 1993**; **Orlov 1985**; **OIT 1993**, en:

Norma de tiempo (Nt). Es aquella que expresa el tiempo necesario para el cumplimiento de una unidad de producción (operación, artículo) en determinadas condiciones técnico-organizativas por uno o un grupo de trabajadores que posee la calificación requerida y ejecuta su labor con habilidad e intensidad media. La norma de tiempo se emplea cuando el trabajador en el proceso laboral realiza distintas operaciones que requieren diferentes tiempo de ejecución.

Norma de rendimiento o producción (Nr). Se conoce como a la cantidad de unidades de producción que deben ser elaboradas en una misma unidad de tiempo dada, en determinadas condiciones técnico-organizativas por un trabajador o grupos de trabajadores. La norma de rendimiento se utiliza fundamentalmente en aquellos casos en que el tiempo de realización de la unidad de trabajo es relativamente pequeño y el trabajador dentro de la jornada laboral debe realizar la misma varias veces.

Norma de servicio (Ns). Se conoce como el contenido laboral de un trabajador o grupos de trabajadores. Con la calificación requerida en determinado período de tiempo, en condiciones técnico-organizativas dadas y con habilidad e intensidad media. La norma de servicio se utiliza en los procesos altamente mecanizados, automatizados donde la realización de la producción depende de los equipos y la labor de obrero esta dirigida a la vigilancia de los mismos.

1.4.2 Métodos y técnicas para el cálculo de las normas de trabajo

Hay varios métodos para determinar las normas de trabajo, ver en **Marsán 1987; Orlov 1985**, donde podemos encontrar algunos de los métodos para el cálculo de las normas de trabajo, los cuales se resumen en:

- Método por experiencia: Es aquel mediante el cual los gastos de trabajos necesarios para la realización de las operaciones o actividades se determinan sobre la base de la experiencia histórica existente. Se utilizará en aquellos casos que no existen datos estadísticos, ni personal calificado en normación del trabajo que permitan determinar los gastos de trabajos necesarios por otro método de mayor vigor.
- Método estadístico: Los gastos de trabajos necesarios se establecen a partir de los datos existentes en relación con el cumplimiento de las operaciones o actividades en períodos anteriores, así como el conocimiento de las posibles reservas de productividad existentes. Se utilizará en aquellos casos que no existe el personal calificado necesario, pero se cuenta con la información estadística requerida de períodos anteriores, para que mediante su análisis se puedan calcular las normas.
- Método analítico-investigativo: Es aquel en el cual la determinación de los gastos de trabajo necesario se establecen sobre la base del análisis de los datos obtenidos por medio de la observación directa del cumplimiento de la operación por el trabajador en el puesto o puestos de trabajos, mediante la utilización de las técnicas de observación continua individual (fotografía individual), la colectiva, técnica de las observaciones instantáneas o del muestreo del trabajo y las Técnicas del

cronometraje y teniendo presente las condiciones técnico-organizativas existentes o que se proyecten. Se empleará en aquellos casos en que las empresas cuenten con el nivel técnico-organizativo y de cuadros que le permita emplear correctamente las técnicas de medición de tiempo que son utilizadas para la determinación de los gastos de trabajos necesarios.

- **Método analítico de cálculo:** Es aquel en el cual la determinación de los gastos de trabajos necesarios no se hace mediante la medición directa de los mismos en los puestos de trabajos, sino mediante la utilización de normativas de trabajo preestablecidas, o a partir de los parámetros técnicos de los equipos, teniendo presente las condiciones técnico-organizativas que se proyecten. Se utilizará en aquellos casos en que las empresas cuenten con el nivel técnico-organizativo y de cuadros que son necesarios para proceder al cálculo de las normas, a través de la utilización de las normativas de trabajo o los parámetros técnicos de los equipos. Es imprescindible la existencia de normativas de trabajo a partir de las cuales se elaboran las normas.

1.5 Capacidad de Producción

La demanda real, la demanda futura de la organización están íntimamente ligadas a la capacidad de producción ya sea en las empresas de producción como en las empresas de servicios. También se puede decir que dependiendo de cómo se utiliza la capacidad de producción con la que contamos basándonos en satisfacer las necesidades del cliente, incidiremos en la calidad de los productos y así se llenen las expectativas del cliente.

Aumentar la capacidad de producción sin conocer como se mueve el mercado y sin estudiar las expectativas de los clientes nos puede sorprender dando las espaldas a diversos factores que incidirán en el costo, la calidad y el mercado.

Muchas empresas en el mundo no tienen definida su capacidad de producción en cuanto a toda la nomenclatura y surtido de productos que es capaz de realizar por lo que constituye un problema. La definición precisa del concepto de Capacidad de Producción tiene un

elevado significado metodológico, ya que del mismo se deriva todo el procedimiento para su cálculo y análisis. Varios autores han definido como capacidad de producción ver (**tabla 1.6**), de las cuales se puede generalizar que:

Capacidad de producción es el máximo nivel de producción en un periodo que puede ofrecer una estructura económica productiva determinada: desde una nación hasta una empresa, una máquina o una persona.

Definiciones de capacidad de producción
Fundora 1987
No es mas que la cantidad máxima de producción en la nomenclatura y surtido y calidad prevista que se puede obtener por la empresa en un período de tiempo (por lo regular se toma 1 año), con la plena utilización de los medios básicos productivos (equipos y áreas de producción), bajo condiciones optimas de explotación
Acevedo (2002)
Capacidad Productiva es la producción máxima posible en un período dado (o el volumen de elaboración de materia prima) en la nomenclatura y la calidad demandados por los clientes, utilizando plenamente, en correspondencia con el régimen de trabajo normado, los equipos y las áreas de producción disponibles.
Chase (2000).
La Capacidad de Producción es la habilidad para mantener, recibir, producir, almacenar o acomodar.
Aquilano (2000).
La cantidad de producción que un sistema es capaz de lograr durante un periodo específico de tiempo se define como Capacidad de Producción.
Jacobs (2000)
Se define como Capacidad de Producción a la cantidad de recursos que entran y que están disponibles con relación a los requisitos de producción durante un período de tiempo determinado

Tawfik y Chauvel (1992).
Numero de unidades por producir en un lapso de tiempo determinado
FAO (2004). (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.)
Se define la capacidad como la cantidad máxima de toneladas de papel, cartón y pasta, de calidad comercial corriente, que se podría producir al año, aprovechando el equipo al máximo y contando con suficiente materia prima y mano de obra, suponiendo que la demanda sea capaz de absorber toda la producción

Tabla 1.6. Síntesis de algunas definiciones de capacidad de producción. Fuente: elaboración propia

1.5.1 Métodos para determinar la capacidad productiva en empresas de producción heterogéneas.

El cálculo de las capacidades de los procesos en las empresas, el análisis del nivel de su utilización y el plan de medidas para su mejoramiento constituye uno de los puntos claves para argumentar los planes de la empresa, orientar eficientemente las inversiones, promover los planes de cooperación de la producción y orientar los planes de desarrollo técnico, entre otros aspectos de la actividad económica de la empresa. Por tal motivo, el cálculo, balance y análisis de las capacidades de los procesos constituyen elementos importantes en la actividad de la empresa, lo cual está asociado al ahorro de cuantiosos recursos materiales, laborales y financieros.

Entre los métodos utilizados puede mencionarse los siguientes:

- **Método del representante tipo**

Este método se basa en la adecuada selección de la producción fundamental (tipo) de la empresa, taller, etc. que será aquel que tenga el mayor peso específico en el volumen total de la producción, transformándose la producción restante en unidades equivalentes del artículo tipo según un coeficiente proporcional a su complejidad relativa.

Los valores equivalentes en relación con el representante tipo se obtienen mediante el coeficiente de reducción (K_T)

$$K_{Ti} = \frac{\sum t_{ij}}{\sum t_{Tj}} \quad \text{ó} \quad K_{Ti} = \frac{t_{nj}}{k} \quad (1.4)$$

Donde:

t_{ij} : Gasto de tiempo, necesario para la elaboración de una unidad del programa de producción de la pieza o artículo i, en h/unidad.

t_{nj} : Gasto de tiempo de trabajo para la elaboración de una unidad del programa de producción del tipo de artículo o pieza i sobre la base del tiempo norma (h/unidad).

K: coeficiente del cumplimiento promedio del tiempo norma se considera valores normales entre $1,0 \leq k \leq 1,15$ para procesos mecánicos.

t_{Tj} : Gasto de tiempo de trabajo necesario para la elaboración del artículo ó pieza tipo en h/unidad.

i: Tipo de artículo.

La determinación de la capacidad productiva en unidades equivalentes se determina a través de la siguiente fórmula:

$$C_{eqi} = \sum_{i=1}^n N_i * K_{Ti} \quad \text{en unidades /año} \quad (1.5)$$

Donde:

C_{eqi} : Capacidad productiva expresada sobre la base del representante tipo para cada grupo de piezas o artículos i (unidad/año).

N_i : Cantidad de piezas o volumen de producción de piezas o artículos i (unidad/año).

- **Del Artículo Indiferente o Convencional**

Si el surtido de producción está compuesto por una amplia gama de diferentes artículos, entonces puede determinarse un artículo convencional. El artículo indiferente se determina como una media aritmética adecuada para el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo para todo tipo de artículo. El gasto de tiempo de trabajo para la elaboración de este artículo convencional se obtiene por la expresión siguiente:

$$t_i(ind) = \frac{\sum_{i=1}^n t_i * K_{Ai}}{100} \text{ en hora/unidad} \quad (1.6) \quad K_{Ai} = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} * 100 \text{ en \%} \quad (1.7)$$

Donde:

$t_i(ind)$: Gasto de tiempo efectivo necesario para la elaboración del artículo o pieza indiferente de acuerdo con las mejores condiciones productivas (h/unidad)

K_{Ai} : Peso específico del artículo o pieza i respecto al volumen total de producción.

La capacidad productiva en unidades del artículo indiferente se determina por la expresión:

$$C_i(ind) = \frac{T_p}{t_i(ind)} \quad (1.8) \quad \text{en unidades /año}$$

Donde:

T_p : Fondo de tiempo planificado, en h/año y la capacidad productiva referida a cada tipo de artículo se obtiene por la expresión:

$$C_{ij} = \frac{Q(ind) * K_{Ai}}{100} \text{ en unidades/año} \quad (1.9)$$

- **El principio factor- efecto como método de análisis en la determinación de la capacidad productiva.**

Cuando la nomenclatura o el surtido de los productos a producir es extensa o no existe un artículo único que pueda representarse como representativo por su peso específico en el volumen total de producción o no se desea reducir esta nomenclatura a un solo artículo indiferente o convencional se hace necesario reducir esta nomenclatura a un número pequeño de artículos que en su incidencia o su peso específico en el volumen total de producción puedan considerarse como los artículos fundamentales. Un criterio práctico para la selección de los artículos fundamentales es la aplicación del principio factor efecto. De esta forma las capacidades de producción se determinan solo en función de productos

representativos, mediante el algoritmo que se presenta en la **figura.1.3**, que se denomina método del b_j o del coeficiente de correspondencia. Este último también se puede aplicar sin necesidad del principio del factor efecto, en los casos en que pueda abarcarse toda la gama de artículos y no sea necesaria su reducción.

Donde:

N_i : Cantidad del artículo i en el volumen total.

t_{ij} : Tiempo unitario del artículo i en el proceso j .

F_j : Fondo de tiempo del proceso j .

C_{ij} : Capacidad del proceso j expresado en unidades del artículo i .

b_{jj} : Coeficiente de correspondencia del proceso j .

C_i : Capacidad del proceso j en función del artículo i .

C'_i : Producción posible del artículo i en el cuello de botella.

m : tipos de artículos i comprendidos en la nomenclatura típica o fundamental de la empresa.

El valor de F_j se calcula de la siguiente forma:

$$F_j = n_e * d * C_t * h \frac{100 - p_s}{100} \text{ equipos} / \text{periodo} \quad (1.10)$$

Donde:

n_e : Cantidad de equipos en el proceso j

d : Días laborales normados en el periodo analizado

C_t : Coeficiente de turno normado

h : Horas en un turno de trabajo

p_s : Porcentaje de tiempo por requerimientos tecnológicos y otras causas

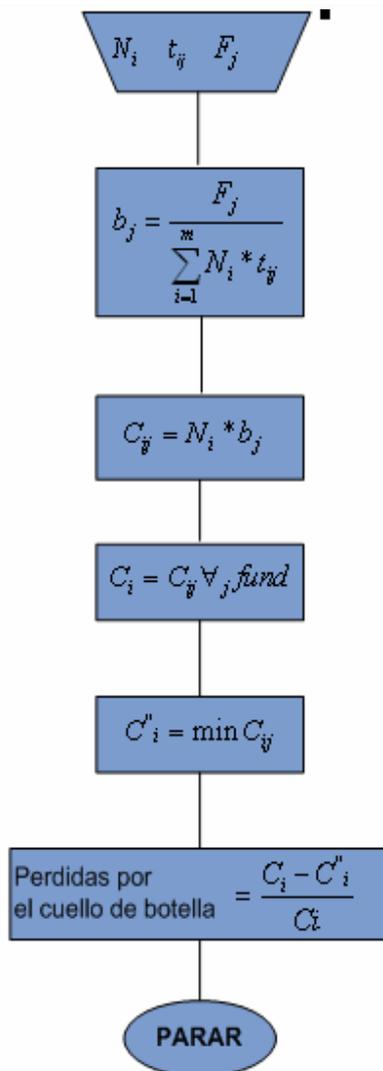


Figura 1.3. Algoritmo para el cálculo de la capacidad de Producción. Fuente: Fundora 1987.

- **Método propuesto por la antigua Junta Central de Planificación**

Este método se basa en la determinación de un conjunto de fondos de tiempo que parten del Fondo Productivo Total hasta calcular el denominado Fondo Productivo Potencial y el Fondo Productivo Disponible. Partiendo de esta última información y con la producción horaria, se determina entonces la Capacidad Productiva Potencial y la Disponible. Este método se aplica cuando se está en presencia de productos que se realizan en grandes

cantidades y donde la diversidad es reducida. Por ser este uno de los métodos a aplicar en el trabajo, será tratado con un mayor grado de detalle en el tercer capítulo.

1.6 Conclusiones parciales

1. Existe toda una base teórico conceptual acerca de la función de operaciones como área de la empresa en la que se realiza su producción o servicio fundamental, y donde uno de los aspectos más importantes de la misma es la determinación de la capacidad de producción.
2. En la literatura científica se encuentran bien definidos los diferentes métodos de pronóstico, existiendo además software que facilitan su aplicación.
3. Dentro del denominado estudio de tiempo la literatura también recoge toda una gama de conceptos y métodos que pueden servir de base para la presente tesis, siendo variada las técnicas que se pueden aplicar en cada uno de ellos.
4. El cálculo de las capacidades de producción, es un aspecto de vital importancia para las organizaciones, ya sean productivas o de servicio. Existen varios métodos para su determinación que en principio se pueden clasificar en dependencia de las características específicas de la función de operaciones. En ese sentido estos métodos se pueden clasificar en aquellos que se emplean para una reducida gama de productos y los que se utilizan para una amplia variedad de artículos.

Capítulo II. Determinación de las informaciones de entrada para determinar de la capacidad de producción

El presente capítulo tiene como objetivo brindar una breve caracterización de la Empresa Constructora Militar (ECM N° 3), de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio (UBCA) y determinar las informaciones de entrada mediante pronósticos de la demanda y cronometraje para poder determinar posteriormente en el Capítulo III la capacidad de producción de la (UBCA).

2.1 Caracterización de la Empresa Constructora Militar (ECM No3).

La Empresa Constructora Militar No 3 (ECM N° 3) está ubicada en la Avenida Eduardo R. Chivas entre callejón de Guamajal y Circunvalación, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara. Fue instituida mediante la Resolución No 3177/1997, emitida por el Comité Estatal de Estadística, con el objetivo de dar respuesta a las necesidades de las FAR en el Teatro de Operaciones Militares de la Región Central del País, en función de ejecutar las obras que garantizan la preparación combativa y movilización de las tropas, asegurar la retaguardia, y mejorar las condiciones de vida y sociales.

La Empresa tiene como objeto social lo aprobado a través de la Resolución N°146 del Ministro de las FAR con fecha 6 de mayo del año 2005, que incluye: construcción civil y montaje de nuevas edificaciones, demolición, reparación, remodelación, desmontaje y mantenimiento de edificaciones, dirección y contratación de obras, trabajos de acabados, montaje eléctrico, hidráulico, sanitario e industrial y producción de accesorios de construcción, trabajos de movimiento de tierra y voladura, alquiler de equipos y medios de la construcción, trabajos de impermeabilización y tratamiento químico, producción de hormigón premezclado y elementos prefabricados de hormigón y su transportación, mantenimiento y reconstrucción vial, trabajos de urbanización y otros servicios de apoyo a la construcción, servicios técnicos de diseño y protección arquitectónica e ingeniera de nuevas inversiones de construcción y reparación de edificaciones sociales, viviendas hasta cinco plantas, consultorio médico, poli servicio y otras obras sociales comunitarias, servicios de consultoría en asistencia, asesoría, control y supervisión técnica en la organización de la construcción de obras, estudios de factibilidad económica y su control

en la etapa de ejecución, la producción, comercialización y prestación del servicio de montaje e instalación de elementos de carpintería de madera, aluminio y otros materiales.

Todos los servicios descritos anteriormente se realizan a obras de arquitectura, turísticas, científicas, agropecuarias, industriales, sociales, militares y de la defensa y se prestan a entidades nacionales y extranjeras. Para cumplir su encargo social, la empresa cuenta con la estructura organizativa que se muestra en el **(Anexo No 1)**. Derivado de su encargo, social, la empresa tiene definida como Visión, Misión y Política de Calidad lo siguiente:

Visión: Con el Sistema Integrado de Gestión, contando con una eficaz ejecución técnico productiva de las obras asignadas con el aseguramiento estable de recursos materiales, humanos y financieros, así como la introducción de nuevas tecnologías, la empresa logra su mejora continua y satisface las necesidades de los clientes.

Misión: Desarrollar y mantener un Sistema de Gestión Integrado eficaz y eficiente que contribuya a la mejora continua de la construcción de Viviendas Prefabricadas y otros tipos de obras Turísticas, Agropecuarias, Científicas, Industriales Sociales y de la Defensa, así como las producciones de Carpintería de Aluminio y de Prefabricado enfocados a la satisfacción de los clientes.

I. Política de Calidad

La dirección de la ECM N° 3 tiene como política de calidad satisfacer las necesidades de los clientes según los compromisos y los requisitos para la calidad pactados, garantizando la eficiencia en los servicios que presta con la tecnología a emplear. Todo esto se logra perfeccionando y manteniendo confianza a través del Sistema de Gestión de la Calidad basado en la NC ISO 9001-2001.

2.2 Caracterización de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio (UBCA)

La Unidad Básica Carpintería de Aluminio tiene domicilio en Carretera de Esperanza Reparto Ciro Redondo, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, subordinada a la ECM N° 3 de Villa Clara perteneciente al MINFAR. Se dedica a la producción de Carpintería de Aluminio por pedido a cualquier organismo e institución que requiera de sus producciones. Esta tiene como Objeto Social lo siguiente:

La Producción y Comercialización de Elementos de Carpintería de Aluminio, así como el mantenimiento de estas producciones en los polos turísticos de Ciudad Habana, Varadero, Cayería Norte de Villa Clara y Holguín, tanto a entidades nacionales como extranjeras.

Para cumplir con este encargo, la UBCA cuenta con la estructura organizativa que se muestra en el **(Anexo No 2)**. La UBCA tiene como visión, misión y objetivos de calidad los siguientes:

Visión: Lograr ser líder en el país en este tipo de producciones, mantener el abastecimiento seguro de perfilería de Aluminio del exterior, manteniendo los pagos en fecha a los proveedores, así como satisfacer a los clientes prestando un servicio con calidad y cumpliendo los plazos de entrega requeridos, y producir bajo los parámetros de calidad de la NC ISO 9001-2001.

Misión: Producir con calidad logrando mantener un estilo de calidad propio, mantener un elevado nivel de satisfacción de los clientes, mantener de forma óptima el abastecimiento de materia prima del exterior.

Objetivos de Calidad de la UBCA

- Alcanzar un nivel de satisfacción del cliente.
- Implantar, mantener y certificar el Sistema de Gestión de la Calidad basado en las producciones de carpintería de aluminio.
- Mantener la eficiencia y la capacidad de los procesos para alcanzar los resultados planificados.
- Mantener la competencia en el servicio.
- Garantizar la correcta identificación de peligros, evaluación y control de riesgos en todas las áreas de la Unidad Básica, a partir de la capacitación y adiestramiento del personal.

El medio ambiente es algo que se tiene en cuenta de forma adecuada en la Unidad Básica Carpintería Aluminio, ya que los desechos sólidos son recopilados en un área designada por la administración dentro del taller para luego ser vendidos a Materias Primas Líder en el país en estas funciones; no se emite ningún tipo de gas contaminante pues se trabaja con aire a presión.

Como principal proveedor de la Carpintería se encuentra la Empresa de Colombia Lehnner SA, además de algunas Empresas Nacionales como:

- ALCUBA
- EMPRESTUR

Pueden existir otros en menor escala que no representa mayor peso para la empresa mientras que las operaciones de la empresa en el extranjero son ejecutadas por TECNOTEX.

Los clientes fundamentales de la Unidad Básica Carpintería Aluminio son:

- Asociación Económica Internacional (AEI) Cayo Santa María.
- Asociación Económica Internacional (AEI) Varadero.
- Almest.
- Algunas Unidades Básicas pertenecientes a la ECM N° 3.
- Fuerzas Armadas Revolucionarias. (FAR)

La producción de la Unidad Básica Carpintería Aluminio es variada. Dentro de sus productos se destacan los siguientes:

Ventana Corredera M-2000, Vitrina Simple, Puerta Batiente 4525-X, Angeo, Ventana Batiente 4525, Contramarco para Ventana, Baranda Recta, Premarco Constructivo, Rejilla de ventana, Baranda Inclínada, Ventana Miami.

Basado en el papel que desempeñan los trabajadores en la producción y teniendo en cuenta el carácter de las funciones que realizan en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio (UBCA), los mismos se agrupan en las siguientes categorías ocupacionales. (Tabla 2.1)

Dirigentes	Técnicos	Administrativos	Servicio	Obreros	Total
3	15	2	17	74	111

Tabla 2.1 Cantidad de trabajadores por categoría. **Fuente:** Elaboración propia

2.3 Determinación del pronóstico de la demanda de Productos.

En la Planta de Carpintería de Aluminio es posible diferenciar dos grupos esenciales de productos. El primero se corresponde con las denominadas Ventanas Miami que poseen una elevada demanda, lo que las convierte en una producción repetitiva. En el segundo grupo se encuentran los restantes productos que se demandan de la mencionada planta, con características más o menos diferentes y en cantidades más o menos reducidas.

Para realizar el pronóstico de las demandas de los productos fue necesario realizar un procedimiento proyectado en 4 etapas las cuales se muestran en la **Figura 2.1**

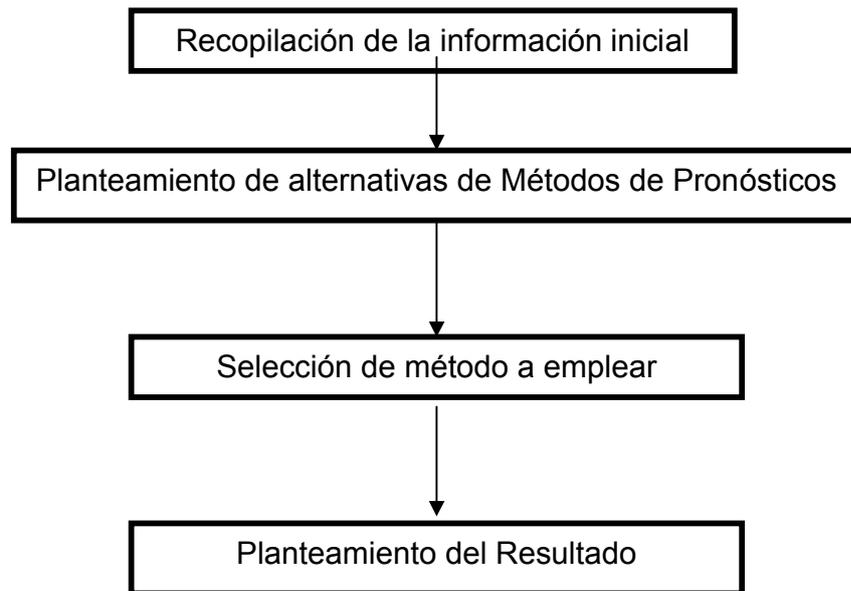


Figura 2.1 Procedimiento para realizar el pronóstico de la demanda. **Fuente:** Elaboración propia

Recopilación de la información inicial

Se debe conocer lo que se va a pronosticar, si son las ventas o la demanda de los productos para después decidir a cual departamento o área de la empresa hay que dirigirse para obtener los datos que se necesitan. En el caso de la UBCA se le va pronosticar la demanda de sus productos mensuales, por lo que se visitó el departamento de producción y se recopilaron los datos de demanda de los productos correspondientes a los meses de Enero hasta Abril del 2009 los cuales se muestran en la (Tabla 2.2)

PRODUCTOS	U/M	DEMANDA			
		Enero	Febrero	Marzo	Abril
Ventana de Corredera M- 2000	U	12	31	29	39
Vitrina Simple	U	15	64	102	85
Puerta Batiente 4525-X	U	97	80	45	56
Angeo	U	300	350	200	1045
Ventana Batiente 4525	U	15	18	12	8
Contramarco para Ventana	U	10	12	4	7

Baranda Recta	ML	944.19	524.72	356.4	435.6
Premarco Constructivo	U	25	40	15	19
Rejilla de Ventana	M ²	96.5	102.4	90.5	101.32
Baranda Inclinada	ML	210.6	184.23	150.6	170.5
Ventana Miami	M ²	622.97	683	753.05	924.59

Tabla 2.2 Demanda mensual de los productos, en unidades. **Fuente:** Elaboración propia

Planteamiento de alternativas de Métodos de Pronósticos

Se tiene que exponer los métodos que existen para realizar el pronóstico de la demanda. Dentro de la gama de métodos podemos diferenciar dos grupos, el primero son lo Cualitativos, los mismos se basan en el conocimiento humano, podemos mencionar algunos de estos métodos, Técnica Delphi, Estudios de Mercado, Análisis del Ciclo de vida, Juicio informativo. En el segundo grupo se encuentran los métodos cuantitativos los cuales se dividen en dos grupos, el primero están dados por los métodos de series de tiempo, dentro de los mismos se encuentran: La Media Móvil (MM), Media Móvil Ponderada (MMP), Suavizado exponencial, Modelos Matemáticos y Box – Jenkins. En el segundo grupo se encuentran los métodos causales, donde se puede mencionar la Regresión Simple, Regresión múltiple, Econométricos, de Insumo y Simulación.

Selección del método a emplear

Para dar cumplimiento a este paso de trabajo, se realiza un análisis cualitativo de los métodos planteados en el capítulo I, para determinar las posibles alternativas de métodos con los datos ya recopilados. En el caso de los métodos cualitativos se utilizan para pronosticar la demanda, con fines para planes estratégicos de la empresa en un periodo de tiempo largo, y la demanda es mensual, por lo que no es aplicable, entonces no se selecciona para realizar el pronóstico de la demanda. En el caso de los métodos cuantitativos se va a tener dos grupos de los cuales, se tiene que seleccionar cual es el que se corresponde con los datos recopilados para realizar el pronóstico. Los métodos causales se emplean para pronosticar la demanda a niveles tácticos o agregados de la

empresa, por lo también se excluyen. Se seleccionó las series de tiempo, los cuales se utilizan a nivel operativo de la empresa, son aplicables con los datos mensuales recopilados. Sus costos tienden a ser bajos, existen equipos computacionales que facilitan mediante Software la realización más rápida y exacta de los resultados. Las alternativas a analizar van a ser la Media Móvil, Media Móvil Ponderada y su Alisamiento Exponencial, ya que son los más sencillos para realizar el pronóstico, el personal de la empresa tiene conocimientos sobre los mismos y lo dominan, son empleados en la planeación a corto plazo, tienen costos bajos y se dispone de un Software de ingeniería llamado VVINQSB.

La **Media Móvil** se realiza mediante un promedio aritmético tomando dos períodos de datos hasta el mes de mayo, por lo que se comienza a pronosticar a partir del mes de marzo con datos de enero y febrero. Su fórmula es la siguiente

$$F (t + 1) = \frac{\sum D_t}{n} \quad (2.1)$$

Donde: n cantidad de períodos

D_t demanda de n períodos anteriores

La **Media Móvil Ponderada**, se realiza mediante la incorporación de valores de un peso a la demanda, debiendo ser su sumatoria igual a 1. Los pesos mayores, generalmente se le van dando a los datos mas recientes, pues ello significa que el modelo de una respuesta rápida a los cambios de la demanda en el futuro. En el presente trabajo se va a aplicar con dos períodos de datos hasta el mes de mayo, mientras que los valores de los pesos que se tomaron fueron W_1 con 0,40 y W_2 con 0,60. Su fórmula está dada por la expresión

$$F (t + 1) = W_1 * D_{t-1} + W_2 * D_t \quad (2.2)$$

Donde: W : es el peso asociado al período

D_t : demanda reciente

D_{t-1} : demanda de datos del pasado

El **Alisamiento Exponencial**, también se realizaría hasta el próximo mes de mayo, Para aplicarlo es necesario tener el pronóstico del primer período (mes de enero). En el trabajo se tomó, como tal la demanda del mes de enero. Existe una constante de alisado (α), la

cual es la proporción del peso que toma la nueva demanda contra la que asume el promedio anterior ($0.1 \leq \alpha \leq 0.3$). Si se desea que el pronóstico responda con alto grado a la demanda reciente se debe elegir un valor mayor para (α) .

En la presente tesis se tomó un $\alpha = 0.2$, mientras que la fórmula del alisado viene dada por la expresión matemática siguiente:

$$F_{(t+1)} = F_t + \alpha * (D_t - F_t) \quad (2.3)$$

Donde: F_t : pronóstico reciente

α : constante de alisado igual a 0.2

D_t : demanda reciente

Planteamiento del Resultado

Para la determinación de la técnica de pronóstico que mejor se ajusta a la demanda, se realiza mediante la validación de sus errores mediante la desviación absoluta media (MAD) y la Señal de Rastreo (T), por ser los más utilizados.

En la **Tabla 2.3** se muestra la salida del WINQSB del pronóstico de las Ventanas Miami como muestra dentro sus producciones, las restantes salidas de resultados se obtuvieron de igual forma y se pueden ver en los **Anexos del 3 al 12**.

Mientras más pequeña sea la MAD y la Señal de Rastreo (T) mejor es el ajuste del pronóstico, Existen dos condiciones que se tienen que cumplir para que el pronóstico sea confiable, que son:

1era condición $| \text{Error} | \leq 3.75\text{MAD}$

2da condición $- 6 \leq T \leq 6$

Result for PRONOSTICO DE LAS VENTANAS MIAMI											
05-30-2009 Month	Actual Data	Forecast by 2-MA	Forecast by 2-WMA	Forecast by SES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	622,97										
2	683			622,97	60,03003	60,03003	60,03003	3603,604	8,789169	1	1
3	753,05	652,985	658,988	634,976	118,074	178,1041	89,05203	8772,541	12,23431	2	1
4	924,59	718,025	725,03	658,5908	265,9993	444,1033	148,0344	29433,56	17,74601	3	1
5		838,8201	855,9741	711,7906							
CFE		306,63	293,622	444,1033							
MAD		153,315	146,811	148,0344							
MSE		26341,05	24335,93	29433,56							
MAPE		17,81461	17,03721	17,74601							
Trk. Signal		2	2	3							
R-sqaure		1	1	1							
		m=2	m=2	Alpha=0,2							
			w(1)=0,4	F(0)=622,9700							
			w(2)=0,6								

Tabla 2.3 Salida del VVINQSB de las Ventanas Miami. **Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la **Tabla 2.4** todos los pronósticos resultaron confiables ya que cumplen con las condiciones establecidas de validación.

PRODUCTOS	Media Móvil			Media Móvil Ponderada			Alisamiento Exponencial		
	F(t)	MAD	T	F(t)	MAD	T	F(t)	MAD	T
Ventana de Corredera M- 2000	30	8.25	2	29.8	7.39	2	18.44	17.58	3
Vitrina Simple	83	32.25	2	86.8	29.7	1.87	4024	56.98	3
Puerta Batiente 4525-X	62.5	25	-2	59	22.4	-2	83.88	31.16	-3
Angeo	275	147.5	1.44	260	457.5	1.43	288	305.66	2.28
Ventana Batiente 4525	15	5.75	-2	14.4	5.60	-2	14.88	4.49	-1.66
Contramarco para Ventana	8	4	-2	7.2	3.7	-2	9.12	3.50	-1.85
Baranda Recta	440.55	191.50	-2	423.72	173.99	-1.86	759.5 1	415.76	-3
Premarco Constructivo	27.5	13	-2	25	12.5	-2	25.4	11.46	-0.38
Rejilla de Ventana	90.5	9.54	0.5	95.26	7.80	-0.44	96.24	6.05	-0.62
Baranda Inclinada	167.41	24.95	-1.75	164.05	25.31	-1.49	194.3 8	34.99	-3
Ventana Miami	718.02	153.31	2	725.03	146.81	2	658.5 9	148.03	3

Tabla 2.4 Resumen de las salidas del pronóstico del WINQSB. **Fuente:** Elaboración propia

Los pronósticos que mejores se ajustan de los diferentes tipos de artículos se pueden ver en la **Tabla 2.5**, en la cual se eliminaron los pronósticos de mayor MAD y Señal de rastreo por medio de la expresión **(1)** y **(2)**.

PRODUCTOS	Media Móvil			Media Móvil Ponderada			Alisamiento Exponencial		
	F(t)	MAD	T	F(t)	MAD	T	F(t)	MAD	T
Ventanas de Correderas M 2000	-	-	-	29.8	7.39	2	-	-	-
Vitrinas Simples	-	-	-	86.8	29.7	1.87	-	-	-
Puertas Batientes 4525-X	-	-	-	59	22.4	-2	-	-	-
Angeos	-	-	-	-	-	-	288	305.66	2.28
Ventanas Batientes 4525	-	-	-	-	-	-	14.88	4.49	-1.66
Contramarcos para ventanas	-	-	-	-	-	-	9.12	3.50	-1.85
Barandas Rectas	-	-	-	423.72	173.99	-1.86	-	-	-
Premarcos Constructivos	-	-	-	-	-	-	25.4	11.46	-0.38
Rejillas de Ventanas	-	-	-	-	-	-	96.24	6.05	-0.62
Barandas Inclınadas	167.41	24.95	-1.75	-	-	-	-	-	-
Ventanas Miami	-	-	-	725.03	146.81	2	-	-	-

Tabla 2.5 Método que resultó óptimo para cada tipo de producto. **Fuente:** Elaboración propia

2.4 Determinación de las Normas de Tiempo

Para determinar las normas de tiempo primeramente se debe conocer los métodos que existen, entre los que se destacan el método por experiencia, analítico investigativo y el analítico de cálculo.

- Método por experiencia: Se reúnen a los obreros de mayor experiencia y alto grado de responsabilidad laboral, la representación del sindicato, a los dirigentes administrativo y especialistas para basados en la experiencia histórica quede determinado el tiempo necesario para la ejecución de determinada operación. Cuando se aplica este método hay que tomar medidas para sustituirlo por otro de mayor argumentación lo más rápido posible.
- Método analítico investigativo: Se utilizan en aquellos casos en que las Empresas cuentan con el nivel técnico organizativo y adecuado que le permitan emplear correctamente las técnicas de medición de tiempo para determinar las normas de trabajo. Estas normas se establecen mediante el análisis de los datos obtenidos por medio de las técnicas de observaciones directas del cumplimiento de la operación por el trabajador en el puesto de trabajo. Dentro de estas técnicas de observaciones se encuentran, la fotografía individual y colectiva, el muestreo del trabajo y el cronometraje.

- Método analítico de cálculo: Es aquel en el cuál la determinación de las normas de trabajo no se hacen mediante la medición directa en los puestos de trabajo, sino mediante normativas de tiempo preestablecidas y a partir de los parámetros técnicos de los equipos.

El método seleccionado para la determinación de las normas de tiempo en esta investigación es el Método analítico investigativo con la técnica de cronometraje mediante el coeficiente de regularidad estadística (Cr). Con la utilización de esta técnica se logra medir el tiempo que demora las operaciones del proceso de fabricación de las Ventanas Miami, y del resto de los productos que se producen en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio. Se tomaron obreros con habilidades de media calificación y alta conciencia laboral para obtener datos representativos para elaborar las normas.

La selección del Método analítico investigativo desecha la utilización de los dos restantes considerando que la Unidad Básica Carpintería de Aluminio no tiene normativas de tiempo preestablecidas y por otro lado sus obreros, no tienen en todos los casos una amplia experiencia laboral. Se desecha también las técnicas de la fotografía individual y colectiva y el muestreo del trabajo, ya que más bien son para el aprovechamiento de la jornada laboral y no es objetivo del presente estudio.

2.4.1 Etapas de realización del cronometraje.

Esta técnica consta de tres etapas principales que son:

- Preparación de las observaciones.
- Limpieza de la crono serie.
- Resultado del cronometraje

Preparación de las observaciones: comprenden todo el trabajo indispensable para poderlas realizar y cuyo elemento fundamental es determinar el número necesarios de las mismas. Para determinar el número de observaciones se agruparon los puestos de trabajos teniendo en cuenta el Grado de Mecanización, pues según este criterio pueden ser Manuales, Mecánico- Manuales, Mecanizados y Automatizados.

Manuales: Son aquellos en los cuales el trabajo se realiza a mano con ayuda de instrumentos de trabajos manuales. En este tipo de puesto el trabajo principal, como el auxiliar y el de servicio es realizado por el obrero.

Mecánico- Manuales: Son aquellos en los cuales el trabajo se realiza con ayuda de máquinas o mecanismos. En este tipo de puesto de trabajo el peso específico de la actividad del hombre es tal que la producción depende fundamentalmente de él, y parte del trabajo principal lo realiza el hombre con ayuda de la máquina.

Mecanizados: Son aquellos en los que el trabajo principal se realiza por medio de la máquina dirigida por el obrero y los elementos del trabajo auxiliar se realizan manualmente o con ayuda de mecanismos.

Automatizados: Son aquellos en los que el trabajo principal está totalmente automatizado y el trabajo auxiliar está también parcial o totalmente automatizado, Además en este caso la dirección del funcionamiento de los mecanismos se hace automáticamente, por los que la función del obrero se limita al ajuste, observación y eliminación de desviaciones en los mecanismos del equipo.

En el caso de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio los puestos se clasificaron como se muestra en la **Tabla 2.6**

Puestos de trabajos	Clasificación
Corte	Mecánico
Ruteo	Mecánico
Troquelado	Mecánico
Troquelado de preparación	Mecánico
Corte de Lama	Mecánico Manual
Doblado y Punzonado	Mecánico Manual
Ensamble de marco	Manual
Remachado de Módulos	Mecánico Manual
Remachados de módulos en marcos	Mecánico Manual

Tabla 2.6 Clasificación de los puestos de trabajo. **Fuente:** Elaboración propia

Con la clasificación de los puestos de trabajo y el tipo de producción se calculó el Coeficiente de Normatividad para cada puesto de trabajo y con un nivel de confianza del 95 % y un nivel de exactitud(S) de los datos de $\pm 5 \%$ se utiliza la información del **Anexo13** y se obtiene la cantidad de observaciones por puesto de trabajo que aparece en la **Tabla 2.7**, en el mismo se tomó una producción seriada.

Cantidad puestos de trabajos.	Cantidad de observaciones
Corte	19
Ruteo	19
Troquelado	19
Troquelado de Preparación	19
Corte de Lama	14
Doblado Punzonado	14
Ensamble del Marco	22
Remachado de los módulos	14
Remachado módulos en marco	14

Tabla 2.7 Cantidad de observaciones. **Fuente:** Elaboración propia

Limpieza de la crono serie: se realiza cumpliendo la condición de que el coeficiente de regularidad estadística $Cr \leq Cn$ Coeficiente Normativo.

$$\text{Donde } Cr = \frac{\text{Tiempo máximo de la cronoserie}}{\text{Tiempo mínimo}} \quad (2.4)$$

Cuando no se cumple esta condición se elimina el valor que menos se repite entre el tiempo máximo y el tiempo mínimo y se repite el cálculo de Cr. Si se elimina más del 15 % de los datos de la crono serie, hay que volver a realizar las observaciones pues no resulta válido el cronometraje. En el caso de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio cuando se realizaron las observaciones a los puestos de trabajos de las ventanas Miami arrojaron como resultados que en las operaciones de troquelado y doblado punzonado el Cr (Coeficiente de regularidad estadística) era mayor que el Cn (Coeficiente normativo) por lo que fue necesario realizar la limpieza de la crono serie.

Sustituyendo en la expresión (2.4) el tiempo máximo y tiempo mínimo nos queda $C_r = 0.09/0.06 = 1.5$ y el $C_n = 1.4$ por ser un puesto mecánico manual.

Como el $C_n \leq C_r$ se realiza la limpieza eliminando de los dos extremos el valor que menos se repite, en este caso el 0.06 aparece una sola vez y es el valor eliminado, pasamos entonces a calcular de nuevo el Coeficiente de regularidad estadística $C_r = 0.09/0.07 = 1.29$

Donde el $C_r \leq C_n$ sustituyendo los valores se obtiene que $1.29 \leq 1.4$, por lo que el resultado de la operación de Doblado Punzonado es de 13 observaciones. En la **Tabla 2.8** se muestra el resultado de la limpieza de la crono serie de la operación de doblado punzonado.

No de Observaciones	Tiempo de las observaciones Realizadas. Doblado Punzonado	Limpieza de la crono serie. Doblado Punzonado
1	0.08	0.08
2	0.09	0.09
3	0.07	0.07
4	0.07	0.07
5	0.06	-
6	0.09	0.09
7	0.07	0.07
8	0.07	0.07
9	0.08	0.08
10	0.08	0.08
11	0.09	0.09
12	0.09	0.09
13	0.08	0.08
14	0.08	0.08

Tabla 2.8 Resultado de la limpieza de la crono serie, en horas/unidad. **Fuente:** Elaboración propia

Resultado del cronometraje: Los resultados obtenidos del cronometraje en el presente trabajo se muestran en el **Anexo 14**. Quedó como Norma de tiempo para cada operación la sumatoria de los tiempos de las observaciones realizadas entre el número de observaciones. Para los restantes productos de la unidad se aplicó el

mismo método de cálculo de las normas de tiempo, que se aplicaron para las ventanas Miami y los resultados se muestran en los **Anexo del 15 al 24**.

2.5 Conclusiones Parciales

1. La UBC Carpintería de Aluminio perteneciente a la ECM de Villa Clara, elabora una amplia gama de productos que poseen una alta demanda, lo que requiere del conocimiento de las capacidades de producción. Para ello es necesario contar con informaciones fidedignas de entrada, lo que presupone la determinación de las normas de tiempo y el pronóstico de la demanda a considerar.
2. Para la realización del pronóstico de la demanda, fueron evaluados varios tipos de métodos, seleccionándose finalmente aquellos que se corresponden con el nivel operativo de la planeación y dentro de ellos, los que ofrecieron mejores resultados en cuanto al MAD y la Señal de Rastreo.
3. Para la determinación de las normas de tiempo, fue aplicado el método del cronometraje, siguiéndose todo el procedimiento que establece la literatura especializada.

Capítulo III. Determinación de la capacidad de producción de la (UBCA).

La gestión de los sistemas logísticos debe garantizar la sincronización de los rendimientos de todos los procesos de la cadena en función del ritmo de la demanda a satisfacer. Para lograr esta coordinación de rendimientos se requiere asegurar las capacidades de producción adecuadas en cada proceso en cada intervalo. Por tal motivo, el cálculo, balance y análisis de las capacidades de los procesos constituyen elementos importantes en la actividad de la empresa, lo cual está asociado al ahorro de cuantiosos recursos materiales, laborales y financieros. El presente capítulo tiene como objetivo determinar la capacidad de producción de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio.

En la planta de Carpintería de Aluminio es posible diferenciar dos grupos esenciales de productos. El primero se corresponde con las denominadas ventanas Miami que poseen una elevada demanda, lo que las convierte en una producción repetitiva. En el segundo grupo se encuentran los restantes artículos que se demandan de la mencionada planta, con características más o menos diferentes y en cantidades más o menos reducidas, aunque en general se sigue una secuencia que va en el sentido: Corte – Ruteo – Troquelado – Ensamble.

3.1 Pasos para el cálculo de la capacidad productiva para los productos restantes.

Para su determinación se aplica el denominado método del coeficiente de correspondencia o del B_j , cuyo procedimiento fue expuesto en el primer capítulo de la presente tesis, con la salvedad de que se aplicará para todos los productos que generalmente se producen en la UBCA, no siendo necesaria la aplicación del principio del factor efecto. Los pasos a seguir y su aplicación son:

- **Obtener las informaciones de entradas :**

Las informaciones de entradas para determinar la capacidad de producción de una empresa están dadas por el volumen de producción y surtidos de productos a considerar en el periodo en este caso es de (1 mes), que para el caso que se presentan constituyen las demandas calculadas en el capítulo 2, las normativas de gastos de tiempos por unidad de producto en cada operación por donde pase el mismo (también determinados en el segundo capítulo) y los fondos de tiempos.

En el caso de la UBCA el surtido que se va a comportar está dado por 10 productos, donde mediante la realización de pronósticos de sus demandas de datos históricos de la empresa, se obtuvieron los volúmenes de producción a considerar en el mes de abril. Para las normativas de gastos de tiempos fueron obtenidas empleando el cronometraje, mediante el coeficiente de regularidad estadística donde se obtuvieron los tiempos que el obrero se demora en hacer una unidad de producto (h/art) para cada operación por donde pasa el mismo.

Para determinar los fondos de tiempo para cada operación es necesario definir el régimen de trabajo a considerar partiendo del criterio de uso racional del equipamiento y las áreas productivas, es decir, los días laborales en el periodo que se va a analizar y el coeficiente de turnos de trabajo. Definir la cantidad de equipos y áreas productivas disponibles, así como el porcentaje de tiempo por requerimientos tecnológicos. En el caso de la Carpintería de Aluminio tienen definido un régimen laboral de 20 días/mes, 9 horas/turno, 1 turno/día y la cantidad de equipos y obreros por cada operación se pueden ver en la **tabla 3.1**.

	CORTE	RUTEO	TROQUELADO	ENSAMBLE
# de equipos	3	2	1	-
# de obreros	3	2	1	16

Tabla 3.1 Cantidad de equipos por cada operación .**Fuente:** elaboración propia

La entidad no tiene definido un régimen de mantenimiento, por lo que no se puede definir el porcentaje de mantenimiento que se le dan a los equipos, pues ellos se arreglan cuando se rompen o fallan y no han ocurrido pérdidas de tiempo por requerimientos tecnológicos.

El cálculo de los fondos de tiempo queda de la siguiente forma :

$$F_j(\text{CORTE}) = 3\text{equip} * 20d / \text{mes} * 1t / \text{dia} * 9h / t = 540 \text{ hora/mes}$$

$$F_j(\text{RUTEO}) = 2\text{equip} * 20d / \text{mes} * 1t / \text{dia} * 9h / t = 360 \text{ hora/mes}$$

$$F_j(\text{TROQUELADO}) = 1\text{equip} * 20d / \text{mes} * 1t / \text{dia} * 9h / t = 180 \text{ hora/mes}$$

$$F_j(\text{ENSAMBLE}) = 16\text{obrerros} * 20d / \text{mes} * 1t / \text{dia} * 9h / t = 2280 \text{ hora/mes}$$

Una vez ya calculado los fondos de tiempos se pasa a la segunda etapa.

- **Cálculo de los Coeficiente de correspondencia los (Bj)**

Para el calculo de los coeficientes se debe determinar los valores de las cargas de trabajo para cada operación, que no es más que la sumatoria del volumen de producción por la normativa de gasto de tiempo por unidad de producto, la expresión queda de la forma siguiente:

$$Q = \sum Ni * Tij \quad \text{horas/mes} \quad (3.1)$$

Donde :

Ni : volumen de producción del articulo i

Tij : tiempo unitario del articulo i en el proceso j

Q : carga de producción

Sustituyendo los valores de Ni y Tij que se encuentran en el **Anexo 25**, en la expresión **(3.1)**, se obtienen los resultados siguientes:

$$Q(\text{corte}) = 331,69$$

$$Q(\text{ruteo}) = 539,57$$

$$Q(\text{troquelado}) = 200,04$$

$$Q(\text{ensamble}) = 1983,40$$

En el **Anexo 26**, aparece de manera más detallada los resultados de las cargas para cada operación. Cuando se tienen calculadas las cargas de trabajo para cada operación, entonces se determinan los coeficientes de correspondencias (Bj), para cada proceso mediante la ecuación siguiente:

$$Bj = \frac{Fj}{Q} \quad (3.2)$$

Sustituyendo los valores anteriores en la expresión 3.2 se obtienen los valores de los coeficientes Bj en la **tabla 3.2**:

$$Bj (\text{Corte}) = 1,63$$

$$Bj (\text{Ruteo}) = 0,67$$

$$Bj (\text{troquelado}) = 0,90$$

$$Bj(\text{ensamble}) = 1,45$$

	Corte	Ruteo	Troquelado	Ensamble
Fondo de tiempo (h/mes)	540	360	180	2880
Carga de trabajo (h/mes)	331,69	539,57	200,04	1983,40
Bj	1,63	0,67	0,90	1,45

Tabla 3.2 Resultado del cálculo del Bj .Fuente: elaboración propia

- **Cálculo de la capacidad de producción en cada proceso.**

La capacidad para cada proceso del artículo i está dada por la multiplicación del volumen de producción (Ni) y el coeficiente de correspondencia para ese proceso. (Bj). Su cálculo se realiza con la siguiente formula:

$$Cij = Ni * Bj \quad (3.3)$$

Donde :

Ci : Capacidad del proceso j expresado en unidades del articulo i,

Bj: Coeficiente de correspondencia el cual ya esta calculado.

El resultado de este cálculo aparece en la **Tabla 3.3**

Productos	Ni	Corte	Ruteo	Troquelado	Ensamble
ANGEO M-2000	288	469,44	192,96	259,20	417,60
CONTRAMARCO PARA VENTANA	9,12	14,87	6,11	8,21	13,22
PREMARCO CONSTRUCTIVO	25,4	41,40	17,02	22,86	36,83
PUERTA BATIENTE 4525 X	59	96,17	39,53	53,10	85,55
REJILLA VENTANA	96,24	156,87	64,48	86,62	139,55
VENTANA BATIENTE 4525	14,88	24,25	9,27	13,39	21,58
VENTANA CORREDERA	29,8	48,57	19,97	26,82	43,21
VITRINA SIMPLE	86,8	141,48	58,16	78,12	125,86
BARANDAS RECTAS	423,72	690,66	283,89	381,35	614,39
BARANDAS INCLINADAS	167,41	272,88	112,16	150,67	242,74
Bj		1,63	0,67	0,9	1,45

Tabla 3.3 Resultado del cálculo del Cij .Fuente: elaboración propia

- **Definir la operación fundamental y determinar la capacidad de producción de la misma.**

Para definir el punto fundamental dentro de la empresa, existen varios criterios. Uno de ellos plantea que es aquella operación o actividad que caracteriza al proceso, donde está la mayor inversión, se invierte el mayor tiempo de ejecución y tiene mayor carga de trabajo. En el caso de la UBCA se puede definir la operación fundamental por el mayor tiempo que se invierte en ejecutar y por la carga de trabajo, lo cual va estar dado por la operación de ensamblaje, por lo que se determina la capacidad para esa operación para los diferentes productos que pasan por ella.

- **Definir la operación cuello de botella y determinar la capacidad de producción de la misma.**

La operación cuello de botella es aquella que limita la capacidad de producción de la empresa o sea es la capacidad de dicho producto en aquel proceso de menor capacidad C_{ij} . Hay que determinar el cuello de botella o la producción posible para cada producto en las distintas operaciones por donde pasan los mismos. Se debe calcular el coeficiente de pérdida por “cuello de botella” el cual se denota por (**Kp**) en porcentaje. Se calcula para cada producto (la capacidad de producción según el punto fundamental menos la producción del cuello de botella entre la capacidad de producción según el punto fundamental por 100. la expresión de su calculo queda de la forma siguiente:

$$Kp = \frac{Ci - Ci''}{Ci} * 100 \quad \text{en \%} \quad (3.4)$$

Donde:

Kp : coeficiente de perdidas por el cuello de botella

Ci : Capacidad del proceso j expresado en unidades del articulo i

Ci'': Capacidad de la operación cuello de botella.

- **Resultados del calculo de la capacidad de producción de los productos restantes de la UBCA**

La capacidad de la empresa se va a definir como aquella correspondiente al punto fundamental, pero hay que determinar la producción posible por el “cuello de botella”, porque es la producción máxima posible que va a realizar la empresa, ya que limita la capacidad de producción. El coeficiente de pérdida por “cuello de botella”, ofrece las pérdidas, o sea lo que se deja de producir por no coincidir el punto fundamental y el limitante. El resultado del cálculo se recoge en el **Anexo 27**, donde aparece en rojo la capacidad de la operación fundamental y en azul capacidad del cuello de botella.

3.2 Determinación de la capacidad de producción de la Ventana Miami

Este tipo de producto posee una alta demanda, las operaciones por donde pasan y sus normas de tiempos se muestran en el **Anexo 14**. Se determinó de que el punto fundamental del proceso de fabricación de la ventana Miami es la operación de remachado de los módulos, la cual es la que tiene mayor tiempo de ejecución y por donde pasan la mayor cantidad de productos, coincidiendo con el cuello de botella ó punto limitante. Para determinar la capacidad productiva de la Carpintería de Aluminio de la Ventana Miami, se utiliza una estructura de fondos de tiempos, la cual se va a calcular quedando definida para utilizarla en el cálculo de un sistema de indicadores para medir la capacidad de producción y su utilización, entre los que se encuentran:

- Capacidad productiva potencial
- Capacidad productiva disponible
- Porcentaje de utilización de la capacidad productiva potencial
- Porcentaje de utilización de la capacidad productiva disponible.

Los fondos de tiempos se van agrupar de la siguiente forma:

Fondo de tiempo productivo Total (FPT)

Consiste en el máximo número de horas posibles a elaborar en el periodo planificado. Se define de forma diferente acorde con el proceso de fabricación de la empresa. En la Carpintería de Aluminio corresponde por la expresión:

$$\text{FPT} = 24\text{días/mes} * 24\text{horas/día} \quad (3.5)$$

$$\text{FPT} = 576\text{horas/mes}$$

Fondo de Requerimientos tecnológicos (FRT)

Se define como la cantidad de tiempo que se utiliza por la empresa en el desarrollo de actividades requeridas por las características tecnológicas del proceso de fabricación que requiere la parada del flujo de fabricación y que sea obligatorio ejecutar para garantizar el normal funcionamiento del proceso tecnológico de la empresa. Entre estas actividades se encuentran la limpieza y acondicionamiento de los medios y áreas de trabajo, así como el mantenimiento preventivo planificado que necesariamente debe realizarse interrumpiendo el proceso de fabricación. En la empresa UBCA, no se consideran los fondos de requerimientos tecnológicos pues, la misma no tiene un mantenimiento preventivo planificado, y la limpieza, acondicionamiento de los medios y áreas productivas se le realiza en horarios que no interrumpan el proceso productivo.

Fondo de tiempo productivo potencial (FPP)

Es la cantidad de tiempo máximo posible de trabajo para la empresa, luego de considerar los tiempos que por factores tecnológicos no pueden ser utilizados en el proceso de fabricación. Se calcula a partir de restarle al fondo de tiempo productivo total el fondo de tiempo por requerimiento tecnológico es decir: Este fondo de tiempo se utiliza en el cálculo del indicador de capacidad potencial y su utilización. La expresión de cálculo es la siguiente:

$$\text{FPP} = \text{FPT} - \text{FRT} \quad (3.6)$$

Sustituyendo el resultado de la expresión (3.5), nos queda

$$\text{FPP} = 576 - 0 = 576 \text{ horas/mes}$$

Fondos por otras causas (FOC)

Este tiempo es aquel que no puede incluirse en los otros tiempos no utilizables, y son causados por problemas organizativos en la empresa, y que el colectivo de trabajadores puede incidir para su disminución, se incluyen las roturas causales de los equipos al no efectuarse el mantenimiento preventivo correcto, falta de energía eléctrica, durante el periodo de estudio y otros. En la empresa no se han registrado estos valores por lo que no serán considerados.

Fondo por régimen laboral

Es el tiempo no utilizado por la empresa al existir diferencia entre el régimen de trabajo existente en la misma, y el establecido acorde con las características del proceso de fabricación, que en el presente caso sería:

$$\text{FRL} = 1 \text{turnos/día} * 9 \text{ horas / turno} * 20 \text{ días / mes} = 180 \text{ h /mes} \quad (3.7)$$

Fondo de tiempo productivo disponible (FPD)

Surge como resultado de restar el fondo de tiempo productivo potencial, de los fondos de tiempo por régimen laboral más los fondos por otras causas, es decir:

$$\text{FPD} = \text{FPP} - (\text{FRL} + \text{FOC}) \quad (3.8)$$

$$\text{FDP} = \text{FPP} = 576 - 180 = 396 \text{ horas/mes}$$

Se utiliza para calcular el indicador de la capacidad productiva disponible y su utilización.

3.2.1 Determinar indicadores para determinar la capacidad de producción

Capacidad productiva potencial (C_{pp}): Es el volumen de producción que pudiera obtenerse por la empresa a partir de la plena utilización del fondo de tiempo productivo potencial. Para expresarlo en unidades físicas se multiplica la producción por hora (Ph_f) que es posible obtener en el punto fundamental del proceso de fabricación de la empresa, por el fondo de tiempo productivo potencial (FPP), se expresa en unidades físicas es decir:

$$C_{pp} = Ph_f * \text{FPP} \quad (3.9)$$

$$C_{pp} = 1 / 0.66 \text{ unid/hora} * 576 \text{ horas /mes} = 872 \text{ unidades / mes}$$

Capacidad Productiva disponible (C_{pd}): Es el volumen de producción que es posible obtener a partir de la plena utilización del fondo de tiempo productivo disponible. Se

calcula mediante la multiplicación de la producción por hora (ph_L), en el punto limitante del proceso de fabricación de la empresa por el fondo de tiempo productivo disponible, es decir:

$$C_{pd} = ph_L * FPD \quad (3.10) \quad , \text{ se expresa en unidades físicas.}$$

$$C_{pd} = 1 / 0.66 * 396 = 600 \text{ unidades / mes}$$

Porcentaje de utilización de la capacidad productiva potencial

Este indicador mide la proporción en que se utiliza la capacidad productiva potencial de la empresa, las expresiones de cálculo son:

$$\frac{\text{Producción planificada}}{C_{pp}} * 100 \quad (3.11)$$

$$\text{Sustituyendo se tiene } (725 / 872) * 100 = 83.14 \%$$

Porcentaje de utilización de la capacidad productiva disponible.

$$\frac{\text{Producción planificada}}{C_{pd}} * 100 \quad (3.12)$$

$(725 / 600) * 100 = 120 \%$ Esto significa que atendiendo al cuello de botella no se puede cumplir la producción mensual, siendo la medida a aplicar el incremento de dos turnos de trabajo.

Coficiente de pérdida de capacidad por el cuello de botella

Este indicador indica en cuanto se encuentra disminuida la capacidad productiva disponible de la empresa por no coincidir los puntos fundamentales y limitantes de su proceso de fabricación. Se calcula por la expresión:

$$1 - \frac{\text{Capacidad productiva disponible}}{Ph_f (FPD)} \quad (3.13)$$

$1 - (339 / 339) = 0$ que es un resultado lógico por coincidir el punto fundamental y el limitante.

Donde:

Ph_f : producción por hora en el punto fundamental



3.3 Conclusiones parciales

1. La determinación del cálculo de las capacidades de producción de las ventanas Miami, se realizó mediante el método de la ya desaparecida JUCEPLAN (Junta Central de Planificación), cuyos resultados arrojaron la necesidad de incrementar un turno de trabajo.
2. Al coincidir el denominado punto limitante y punto fundamental no se obtuvieron pérdidas por ese concepto.
3. Para la determinación de la capacidad de producción del resto de los productos, el método empleado fue el del coeficiente de correspondencia que permitió llegar a los resultados esperados.

Conclusiones:

1. La bibliografía consultada ofrece toda una base teórica suficiente para todos los aspectos desarrollados en el trabajo, que contiene en síntesis las herramientas necesarias para realizar pronósticos, determinar normas de tiempo y calcular la capacidad de producción de la UBCA.
2. La ECM de Villa Clara, tiene un encargo social que abarca una amplia gama de productos y servicios entre los que se encuentra los artículos elaborados mediante procesos de carpintería de aluminio, los cuales constituyen el objeto de estudio práctico de la presente tesis.
3. La UBCA posee un peso sustancial dentro de la empresa, en tanto sus producciones han tenido una demanda creciente, dado el impacto favorable que han ofrecido sobre las construcciones de todo el país.
4. La determinación de la demanda utilizando los métodos de pronóstico que menos errores inducían, así como de las normas de tiempo mediante la técnica del cronometraje, permitieron contar con una información de entrada fidedigna para la posterior determinación de las capacidades de producción de la UBCA.
5. La determinación de la capacidad de producción para todos los productos elaborados a partir de carpintería de aluminio, requirió la aplicación de dos métodos diferentes: el método aportado por la antigua JUCEPLAN para el caso de las ventanas Miami y el método basado en el coeficiente de correspondencia para el resto de los productos.
6. Se logró validar la hipótesis del trabajo, al ser determinada la capacidad de producción en la UBCA con los métodos adecuados y con una información fidedigna, lo que servirá de herramienta a la dirección de la entidad para la toma de decisiones cuando se presenten pedidos por parte de los clientes.

Recomendaciones:

1. Utilizar los resultados de la capacidad de producción realizada en el presente trabajo, como herramienta para la toma de decisiones para los pedidos que realicen los clientes.
2. Someter los resultados de la presente tesis, al análisis de los profesionales de la UBCA.
3. Emplear los procedimientos descritos en el presente trabajo, para la actualización que debe realizarse en la UBCA, cuando se demanden de nuevas producciones o se incremente la cantidad de equipos en diferentes operaciones, considerando que estos aspectos introducen variaciones en la capacidad de producción calculada.
4. Presentar los resultados de la presente tesis, en el forum de ciencia y técnica de la ECM de Villa Clara.

No.	Bibliografía (Referenciada y consultada)
1	Arturo, Londoño.C. (2006).Producción y gestión de los sistemas productivos. Capacidad de las operaciones. Consultado el 11 de febrero del 2009 en: http://www.ucpr.edu.co/paginas/52/(52)3.pdf
2	Edelma, A. (2007) Pronosticar la demanda, Ejercicio de adivinación matemática o fundamento de la planificación operativa.Consultado el 14 de febrero del 2009 en: http://socrates.ieem.edu.uy/articulos/archivos/202_pronosticar_la_demanda.pdf
3	FAO. (2004) Encuestas sobre la capacidad de producción de pasta y papel en el mundo. Consultado el 15 de febrero del 2009 en: http://www.fao.org/DOCREP/H2575S/H2575S04.HTM
4	Ganser, O. (2003). La capacidad de producción y la demanda en la administración. Capacidad y la demanda en las empresas manufactureras y de servicio. Consultado el 18 de febrero del 2009 en: http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/admpro3.htm
5	Ávila, Vera. J. (2008). Pronostico de ventas. Consultado el 21 de febrero del 2009 en: http://coachbolivia.com/doc_pdf/adm_operaciones/tema5.pdf
6	Oliveros, M. (2002). Pronósticos de demandas. Universidad de los Andes. Departamento de Ciencias Administrativas. Consultado el día 25 de febrero del 2009 en: http://webdelprofesor.ula.ve/economia/oliverosm/materiasdictadas/produccion1/clases/pronosticos.pdf
7	Sierra, Romero. R. (2003).Pronósticos y metodos. Capitulo 3. Consultado el 2 de marzo en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lII/sierra_r_r/capitulo3.pdf
8	Acevedo, J y otros. (2002). Gestión de las Capacidades en los Sistemas logísticos. Laboratorio de Logística y gestión de la Producción (LOGESPRO). Ediciones ISPJAE. Ciudad de la Habana, Cuba.
9	Anderson, s.a. (1992). Introducción a los modelos cuantitativos para la administración. Grupo Editorial Iberoamericano. Barcelona.
10	Barnes, R. (1976) Estudio de tiempos y movimientos. Edición Revolucionaria. Cuarta Edición.
11	Calero Viner. (1986). Matemática Aplicada. Estadística III. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana.
12	Companys Pascual. (1990). Previsión tecnológica de la demanda. Editorial Boixerau Marcombo. Barcelona.
13	Chase, R; Jacobs, F; Aquilano, N. (2000). Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva. McGraw Hill.
14	Díaz, A. (1993). Producción, gestión y control. Editorial Ariel Economía. Barcelona.

15	Everett, E. et al. (1991). Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. México DF.
16	Fundora, A y otros. (1987). Organización y Planificación de la Producción. Parte 2. Editorial ISPJAE. Ciudad la Habana.
17	Heizer y Render. (2001). Dirección de la producción.
18	Hillier, F.S; Lieberman, G.J. (1991): Introducción a la investigación de operaciones. 5ta edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana de México. México DF.
19	Kazmier, L. (1989). Análisis estadístico para la empresa y la economía nacional. 2ª ed. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana.
20	Machuca y otros. (1994). Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Mc Graw-Hill
21	Torres, Gemeil. M; Joahim. R; Mederos Cabrera. D. (2007). Fundamentos Generales de la Logística. Ciudad de La Habana y Berlín. Editorial Universitaria. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca.
22	Marsán, J. (1987). La organización del trabajo. Tomo 2. Ediciones ISPJAE.
23	Maynard, H.B. (1984). Manual de ingeniería y organización industrial. Parte III. Ediciones Universidad de la Habana. Ciudad de La Habana.
24	Medina León, A. et al. (2002). Técnicas de análisis empresariales en la certeza e incertidumbre. Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial FeGoSa Morelia Michoacán.
25	Merril, W. (1981). Introducción a la estadística económica. Editorial MES. Primera reimpresión. Ciudad de La Habana.
26	Niebel, B. (1993). Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos. Tercera edición. Editora Alfa – Omega.
27	Orlov. P. (1985). Manual de Economía del trabajo en Cuba. Tomo I. Editorial. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana.
28	OIT. (1993). Introducción al estudio del trabajo. Terceras Edición. Ediciones ISPJAE
29	Padrón, Robaina. V. (1999). Dirección de operaciones para empresas de servicios. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
30	Riggs, J. L. (1984). Sistemas de producción - Planificación, análisis y control. Editorial Limusa. México, D.F.
31	Ríos, S. (1983). Análisis estadístico aplicado. 3ª edición. Editorial Paraninfo. Madrid.

32	Schroeder, R. (1992). Administración de Operaciones. Toma de Decisiones en la Función de Operaciones. Tercera Edición. McGraw Hill.
33	Tawfik y Chauvel. (1992). Administración de la producción. Editorial interamericana.
34	Uriel, E. (1985). Análisis de series temporales - Modelos ARIMA. Colección Abaco Paraninfo. Madrid.

