

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SOFTWARE WINQSB APLICACIONES PRÁCTICAS EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:
HÉCTOR LUGAY ROSAS

DIRECTOR DE TESIS:
M. EN I. YAIR ABRAHAM BAZÁN TINAJERO



Ciudad Universitaria 2014

Quiero agradecer...

Empiezo por las dos personas a las que les debo hasta la vida, mis padres, gracias por su amor, trabajo, sacrificio, paciencia y regaños merecidos en todos estos años. Gracias por estar ahí al pendiente de mis necesidades. Hoy he logrado concluir ese plan que tenían para mí desde pequeño y convertirme en lo que soy, los quiero.

A mi hermana, gracias por su preocupación como hermana mayor y sobre todo por permitirme compartir contigo este momento tan importante en mi vida.

A mi director de tesis Yair Bazán Tinajero, por su gran apoyo, confianza, paciencia e interés durante todo este tiempo. Muchas gracias.

A mis sinodales, gracias por la confianza brindada, por su apoyo y sus enseñanzas. Agradezco a cada uno de ellos que sean testigos del fin de esta etapa.

A mi familia en general (abuelos, tíos, primos, sobrinos) por los valores, el apoyo y el cariño que recibo, gracias por darme la estabilidad emocional y sentimental para alcanzar esta meta.

A todos esos profesores con los que me he cruzado, que me han brindado el tiempo y sus conocimientos, que han inculcado en mí los valores necesarios para enfrentar con responsabilidad las consecuencias de mis acciones, ejercer la verdad como parte fundamental en mi vida, ejercer mi autonomía, formar parte de la sociedad como un ser libre, consciente, capaz de asumir sus propias decisiones, activo y responsable de su vida. Gracias.

A mis amigos, personas que han logrado marcar mi vida, con los que he compartido momentos alegres y tristes, les agradezco esa complicidad y esa confianza que han depositado en mí. Pero sobre todo, gracias por creer en mí.

A aquellos que ya no están, pero que dejaron una huella en mí, gracias.

A todas estas personas agradezco su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Gracias por ser parte del motor que me mueve y que me motiva a seguir adelante.

Héctor

Tabla de Contenido

Quiero agradecer	2
INTRODUCCIÓN	5
INTRODUCCIÓN AL MANEJO DEL SOFTWARE	7
Capítulo 1. DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	9
1.1. Localización de planta (Facility Location Problems)	10
1.2. Distribución de planta (Functional Layout Problem)	17
1.3. Problema de balanceo de línea (Line Balancing Problem)	22
Capítulo 2. PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	27
2.1. Análisis y evaluación de modelos de pronósticos	27
2.1.1. Pronósticos de series de tiempo.	29
2.1.1.1. Promedio Simple.....	29
2.1.1.2. Suavizado Exponencial Simple	39
2.1.2. Regresión lineal.....	40
2.2. Sistemas y modelos de inventarios	47
2.2.1. Modelos de demanda conocida y su relevancia en los sistemas de revisión periódica y sistemas de revisión continua.....	48
2.2.1.1. Determinación del lote óptimo de compra con y sin faltante (EOQ).....	48
2.2.1.2. Determinación del tamaño de lote considerando descuentos por cantidad.....	54
2.2.2. Modelos de tamaño de lote dinámico.	59
2.2.3. Modelos de demanda probabilística.....	63
2.2.4. Modelo de revisión continua.	66
2.3. Planeación agregada	73
2.4. Planeación de la producción capacidad y materiales	84
2.5. Programación de Operaciones	96
2.5.1. Flujo de tienda.....	97
Capítulo 3. SISTEMAS DE CALIDAD	105
3.1. Control estadístico de procesos	105
3.1.1. Gráficos de control para variables.....	107
3.1.2. Gráficos de control para atributos.....	116

3.2. Muestreo de aceptación.....	121
CONCLUSIONES.....	131
Bibliografía.....	133
Anexos.....	134
Anexo 1. Biografía de Yih Long-Chang.....	134
Anexo 2. Tutorial para la instalación de WinQSB.....	135

INTRODUCCIÓN

El motivo por el cuál se desarrolló este trabajo, fue la falta de manuales o guías donde se expliquen las funciones y el alcance de los distintos módulos del software WinQSB. Por lo tanto se espera que sea una herramienta tanto para los alumnos como para los académicos de la carrera de Ingeniería Industrial que permita un mejor aprovechamiento del mismo, basada en los planes de estudio de las asignaturas correspondientes.

El objetivo principal de este trabajo de tesis es brindar al lector un manual con herramientas básicas que contempla el software WINQSB¹ incluyendo aplicaciones prácticas para las asignaturas de Diseño de Sistemas Productivos, Planeación y Control de la Producción y Sistemas de Calidad, contribuyendo a la formación profesional del futuro ingeniero industrial egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La elección del software se debe principalmente a que WINQSB es un programa que abarca el contenido de cuatro asignaturas importantes de la carrera, al igual que se encuentra al alcance de cualquier institución o persona y que está instalado en la mayoría de los equipos de cómputo del laboratorio de Ingeniería Industrial de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial de la Facultad de Ingeniería. Debido a las nuevas tecnologías, quizá se requiera de instalar previamente una máquina virtual que soporte el software en cuestión, para esto en el anexo 2 se proporciona una tutorial.

WinQSB tiene numerosas ventajas para el usuario, entre las que se encuentran la facilidad de cálculos y su flexibilidad para adaptar problemas reales, lo cual permite ahorrar tiempo en los cálculos y nos asegura un resultado correcto. Los datos se muestran en distintas pantallas con sus posibles valores, gráficas, etc. Siendo muy esquematizado, legible y de fácil comprensión. La nomenclatura es similar a la utilizada en las clases proporcionadas por los profesores de la carrera.

Uno de los problemas en los que el usuario debe trabajar es el idioma, puesto que se utilizan muchos términos técnicos en inglés.

Todo aquel que consulte este trabajo, debe tener bases teóricas de las siguientes asignaturas impartidas en Ingeniería Industrial:

- Diseño de Sistemas Productivos²
- Planeación y Control de la Producción³
- y Sistemas de Calidad⁴

¹ El lector interesado puede descargar el software en: <http://winqsb.softonic.com/>

² Diseño de Sistemas Productivos:

http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/Industrial/07/disenos_de_sistemas_productivos.pdf

³ Planeación y Control de la Producción:

http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/Industrial/08/planeacion_y_control_de_la_produccion.pdf

Lo anterior con la finalidad de que este documento sea una herramienta que agilice el estudio de algunas metodologías, para ahorrar tiempo en el manejo de datos y centrarse en el análisis de los resultados que el software brinda para una mejor toma de decisiones.

Cada capítulo de este documento, contiene un breve resumen del tema a desarrollar seguido de las características que ofrece el software finalizando con un problema que es resuelto paso a paso, con el fin de que el lector conozca el alcance del programa.

El contenido de la tesis ha sido estructurado en cuatro capítulos que a continuación se describen brevemente.

Introducción al manejo del software, menciona las especificaciones técnicas necesarias del equipo de cómputo que se pretende usar para ejecutar el programa correctamente, se exponen también los módulos que conforman su estructura y se familiariza el lector con las ventanas que son comunes a todos los módulos que integran el paquete.

Capítulo 1, *Diseño de sistemas productivos*, muestra como WinQSB permite al estudiante de ingeniería industrial dirigir sus bases teóricas a la toma de decisiones que permitan entender cómo se logra la competitividad de una empresa manufacturera o de servicios, de acuerdo con los modelos productivos que permitan la optimización de espacio, movimientos y recursos, para facilitar los niveles de producción y calidad de los servicios esperados.

Capítulo 2, *Planeación y control de la producción*, es el más extenso, ya que contiene varios módulos que le ayudarán al estudiante de ingeniería industrial a que diseñe y aplique sus conocimientos de los modelos, métodos y reglas para determinar los volúmenes óptimos de producción e inventarios y ejercite su capacidad de análisis.

El Capítulo 3, *Sistemas de calidad*, contiene herramientas útiles para el estudiante con las cuales puede desarrollar su capacidad de análisis para comprender los planes de muestreo de aceptación por atributos y por variables, así como la interpretación de los gráficos de control de calidad para evaluar la eficiencia y eficacia del control de procesos desde un punto de vista estadístico.

Finalmente se presentan las conclusiones, anexos y referencias.

⁴ Sistemas de Calidad:

http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/Industrial/08/sistemas_de_calidad.pdf

INTRODUCCIÓN AL MANEJO DEL SOFTWARE

A continuación se presenta una breve descripción del Software WinQSB⁵, los módulos que contiene y sobre todo se familiariza al lector con la forma de utilizarlo.

WinQSB es un programa interactivo que permite al estudiante de ingeniería Industrial desarrollar los cuatro puntos fundamentales para el trabajo experimental del laboratorio y de campo del Plan de Estudios.

WinQSB, cuya propiedad intelectual es del Dr. Yih-Long Chang⁶, consta de una serie de módulos o aplicaciones individuales que ayudan en temas de investigación de operaciones, estudio del trabajo, planeación y control de la producción, evaluación de proyectos, sistemas de calidad, simulación, estadística, etc., y son en total 19 módulos, uno para cada tipo de problema.

1. Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis)
2. Planeación agregada (Aggregate Planning)
3. Análisis de decisiones (Decision Analysis)
4. Programación dinámica (Dynamic Programming)
5. Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout)
6. Pronósticos (Forecasting)
7. Programación por objetivos (Goal Programming)
8. Teoría y sistemas de inventarios (Inventory Theory and System)
9. Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling)
10. Programación lineal y entera (Linear and Integer Programming)
11. Procesos de Markov (Markov Process)
12. Planeación de requerimientos de materiales (Material Requirements Planning)
13. Modelación de redes (Network Modeling)
14. Programación no lineal (Nonlinear Programming)
15. Planeación de proyectos (Project Scheduling: PERT-CPM)
16. Programación cuadrática (Quadratic Programming)
17. Cartas de control de calidad (Quality Control Chart)
18. Sistemas de colas (Queuing Analysis)
19. Simulación de sistemas de cola (Queuing Analysis Simulation)

WinQSB utiliza la interface típica de Windows, es decir, ventanas, menús desplegables, barras de herramientas, etc. Por lo tanto hace que el manejo del programa sea similar a cualquier otro que utilice la plataforma de Windows.

Una vez realizada la instalación, en la computadora podemos tener acceso a las aplicaciones de WinQSB.

Es posible acceder al programa a través del botón INICIO del sistema operativo WINDOWS, oprimir el submenú PROGRAMAS y dar clic en la carpeta WINQSB.

⁵ La versión utilizada en este trabajo es WinQSB 2.0

⁶ El Anexo 1 contiene una breve biografía del Dr. Yih-Long Chang.

Todos los módulos del programa tienen en común los siguientes menús desplegados:

- Archivo (File): permite crear y guardar nuevos problemas, leer otros e imprimirlos.
- Editar (Edit): utilidad para editar, copiar, pegar, cortar o deshacer cambios. También permite cambiar datos de los problemas, como nombre, variables y restricciones.
- Formato (Format): incluye las opciones para cambiar la apariencia de las ventanas, colores, fuentes, alineación, anchura de celdas, etc.
- Resolver y Analizar (Solve and Analyze): incluye al menos dos comandos, dependiendo del módulo en el que se esté trabajando, generalmente uno es para resolver el problema.
- Resultados (Results): incluye las opciones para ver las soluciones del problema en tablas, gráficas o resúmenes.
- Utilidades (Utilities): permite acceder a una calculadora, un reloj y un editor de gráficas.
- Ventana(Window): permite navegar en distintas ventanas que van apareciendo al operar el programa.
- WinQSB: incluye las opciones necesarias para acceder a otro módulo del programa.
- Ayuda (Help): permite acceder a la ayuda en línea sobre la utilización del programa o las técnicas utilizadas para resolver distintos modelos; proporciona información sobre cada una de las ventanas en las que nos encontramos, y despliega una descripción que nos sirve para orientarnos.

Al acceder a cualquiera de los módulos se abre una nueva ventana en la que debemos de elegir entre crear un nuevo problema (File > New Problem) o abrir uno ya creado (File > Load Problem).

El nombre de los archivos que se guarden no deberán de contener más de 8 caracteres y la extensión de los ficheros con los modelos los pone el programa por defecto.

Capítulo 1. DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS.

En este capítulo, se analiza el módulo Facility Location and Layout (Ubicación y Disposición de Instalaciones) del software WinQSB, para resolver problemas de los temas de localización de planta, distribución de planta y el balanceo de líneas.

Este módulo resuelve tres problemas fundamentales en el diseño de sistemas productivos:

- Problema de ubicación de instalaciones (Facility Location Problems)
 - Resuelve ubicaciones individuales y múltiples.
 - Usa tres diferentes medidas de distancia.
- Problema funcional de diseño (Functional Layout Problem)
 - Usa 2 modos, 3 modos, y una combinación de estos dos intercambios departamentales para resolver y encontrar una mejor disposición.
 - Usa tres diferentes medidas de distancias.
- Problema de balanceo de línea (Line Balancing Problem)
 - Usa 10 heurísticos, mejor búsqueda, o la generación de tipo COMSOAL (Computer Method for Sequencing Operations for Assambly Lines) para resolver balanceo de línea.

Para crear un nuevo problema de ubicación y disposición de instalaciones, lo primero que se debe hacer es seleccionar el módulo correspondiente que es Facility Location and Layout y posteriormente dar clic en la opción Nuevo Problema (New Problem) que genera una plantilla en la cual se introducen las características del problema:

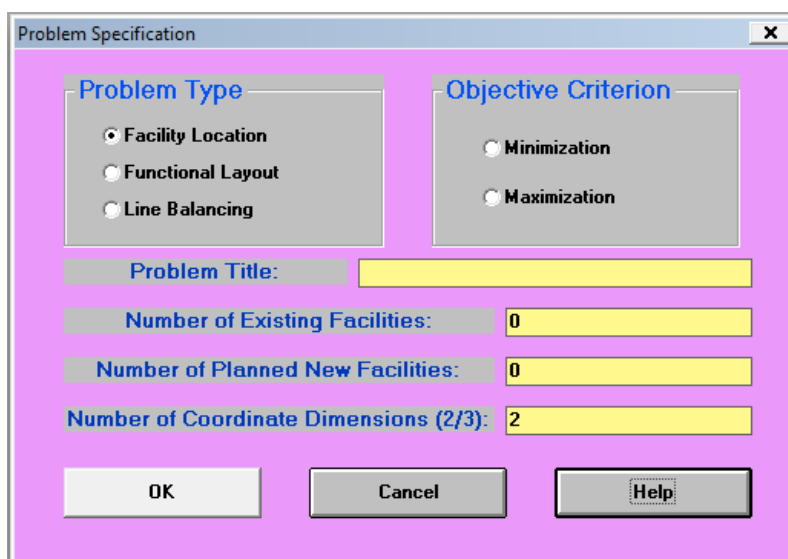


Figura 1. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

La figura muestra la plantilla con los campos que se describen a continuación:

- Tipo de Problema (Problem Type), Permite seleccionar el tipo de problema a resolver:
 - Problema de ubicación de instalaciones (Facility Location Problems)
 - Problema funcional de diseño (Functional Layout Problem)
 - Problema de balanceo de línea (Line Balancing Problem)
- Si es un problema de ubicación de instalaciones o un problema de funcionalidad del diseño, especifique si la función objetivo (Objective Criterion) es maximizar (Maximization) o minimizar (Minimization).
- Título del problema (Problem Title): Es el nombre del problema que se mostrará en los encabezados de la siguiente ventana.
- Para el problema de ubicación de instalaciones:
 - Número de locaciones existentes. (Number of Existing Facilities)
 - Número planeado de locaciones nuevas. (Number of Planned New Facilities)
 - Número de coordenadas. (Number of Coordinate Dimensions)
- Para el problema funcional de diseño:
 - Número funcional de departamentos. (Number of Functional Departments)
 - Número de filas en el área de disposición. (Number of Rows in Layout Area)
 - Número de columnas en el área de disposición. (Number of Columns in Layout Area)
- Para el problema de balanceo:
 - Número de tareas u operaciones. (Number of Operational Tasks)
 - Unidad de tiempo. (Time Unit)

1.1. Localización de planta (Facility Location Problems)

“El problema de localizar una planta está presente tanto en las empresas nuevas como en las existentes, y su solución es crucial para el éxito eventual de una compañía. Las decisiones de ubicación de las compañías de servicio y manufactura están guiadas por una variedad de criterios definidos por los imperativos competitivos, como la proximidad con los clientes, costos totales, infraestructura, etc. Hay muchas técnicas para identificar los sitios potenciales para las plantas y otro tipo de instalaciones. El proceso requerido para centrar la decisión en un área en particular puede variar en gran medida dependiendo del giro de la empresa y las presiones competitivas a considerar.” Chase, et al., (2009).

Mediante el siguiente ejemplo, extraído de las notas de clase de la M.I. Susana Casy Téllez Ballesteros del semestre 2012-2 se muestra la manera en la que se deben introducir los datos del modelo en la platilla de WinQSB y la solución del problema.

Un productor de café surte a una cadena de cafeterías que cuenta con 4 sucursales en la zona sur del Distrito Federal. Actualmente el traslado del café a las sucursales se realiza desde un almacén que renta el productor ubicado en las coordenadas (40,50). Ante esta situación, el productor está pensando en adquirir un almacén ubicado en las coordenadas (30,60) para surtir a dicha cadena. ¿Será buena opción invertir en dicho almacén?

	X	Y	Flujo
Sucursal 1	10	20	190
Sucursal 2	20	90	87
Sucursal 3/Actual almacén	40	50	93
Sucursal 4	70	50	140
Nuevo almacén	30	60	

Tabla 1. Coordenadas del problema del productor de café. Fuente: notas de clase de la M.I. Susana Casy Téllez Ballesteros del semestre 2012-2.

Seleccionar el tipo de problema, en este caso seleccionar el problema de ubicación de instalaciones (Facility Location Problems). Seleccionar la función objetivo (Criterion Objective), que para este problema es minimizar, ya que se busca que el nuevo almacén esté cerca de las sucursales. Introducir el título del problema (Problem Title), que es parte del encabezado de la siguiente ventana. Es necesario introducir el número de las 4 sucursales existentes (Number of Existing Facilities), el número de almacenes que se planean abrir (Number of Planned New Facilities), y por último introducir el número de coordenadas. (Number of Coordinate Dimensions)

Figura 2. Especificaciones del problema del productor de café. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

El programa generará una matriz con las siguientes características:

En la primera columna, se muestra el número y condición de cada locación, ya sea existente o nueva. En la columna Facility Name, se identifican las localidades con un nombre que puede ser cambiado. En las siguientes columnas, se pide introducir el flujo o

costo unitario de cada una de las locaciones hacia otra locación. En las dos últimas columnas se introducen las coordenadas de las locaciones.

Facility Number	Facility Name	To Existing 1 Flow/Unit Cost	To Existing 2 Flow/Unit Cost	To Existing 3 Flow/Unit Cost	To Existing 4 Flow/Unit Cost	To New 1 Flow/Unit Cost	Location X Axis	Location Y Axis
Existing 1	Existing 1							
Existing 2	Existing 2							
Existing 3	Existing 3							
Existing 4	Existing 4							
New 1	New 1							

Figura 3. Matriz Localidades-Flujo/Costo Unitario y Coordenadas. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Para este ejemplo, solo se tiene un flujo del nuevo almacén a cada una de las sucursales.

Facility Number	Facility Name	To Existing 1 Flow/Unit Cost	To Existing 2 Flow/Unit Cost	To Existing 3 Flow/Unit Cost	To Existing 4 Flow/Unit Cost	To New 1 Flow/Unit Cost	Location X Axis	Location Y Axis
Existing 1	Suc 1						10	20
Existing 2	Suc 2						20	90
Existing 3	Suc 3						40	50
Existing 4	Suc 4						70	50
New 1	Almacen	190	87	93	140		30	60

Figura 4. Matriz con el flujo y coordenadas del problema del productor de café. Fuente: Elaboración propia.

El menú editar (Edit) tiene varias opciones que son útiles.

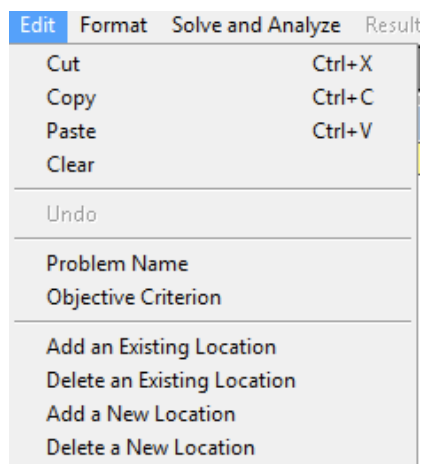


Figura 5. Menú Edit Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

- Nombre del problema (Problem Name) nos permite cambiar el nombre del problema.
- Función objetivo (Objective Criterion) nos permite cambiar la función objetivo.
- Añadir una locación existente (Ad an Existing Location) nos permite agregar una locación existente al problema.
- Quitar una locación existente (Delete an Existing Location) nos permite eliminar una locación existente al problema.
- Añadir una locación nueva (Ad a New Location) nos permite agregar una locación nueva del problema.

- Quitar una locación nueva (Delete a New Location) nos permite eliminar una locación nueva del problema.

Para resolver el ejemplo, es necesario seleccionar la opción del menú resolver y analizar (Solve and Analyze), la figura 6 ilustra el menú mencionado.

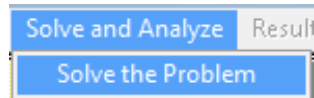


Figura 6. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

El programa genera una nueva ventana presentada a continuación en la figura 7:

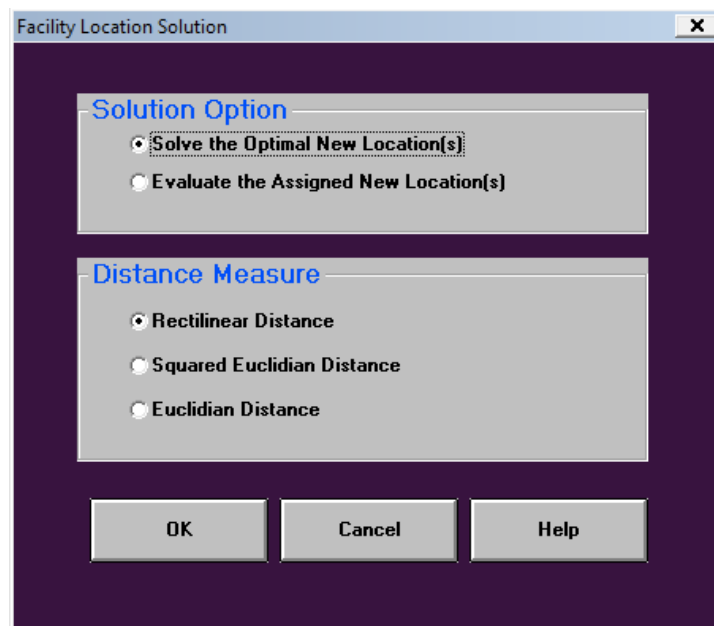


Figura 7. Métodos de solución para localización de planta. Fuente. Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

En esta nueva ventana es necesario seleccionar entre dos opciones para solucionar el problema:

- Obtener la solución óptima del problema (Solve the Optimal New Location(s)).
- Evaluar la asignación de la nueva locación (Evaluate the Assigned New Location).

El método que desea que WinQSB utilice para medir las distancias⁷:

- Distancia rectilínea (Rectilinear Distance)
- Cuadrado de la distancia euclidiana (Squared Euclidian Distance)
- Distancia euclidiana (Euclidian Distance)

⁷ El lector puede encontrar información sobre los distintos métodos en Chase, et all., (2009)

Como ya se cuenta con local para el almacén, se elige evaluar la asignación de la nueva locación, con el método de distancia euclidiana.

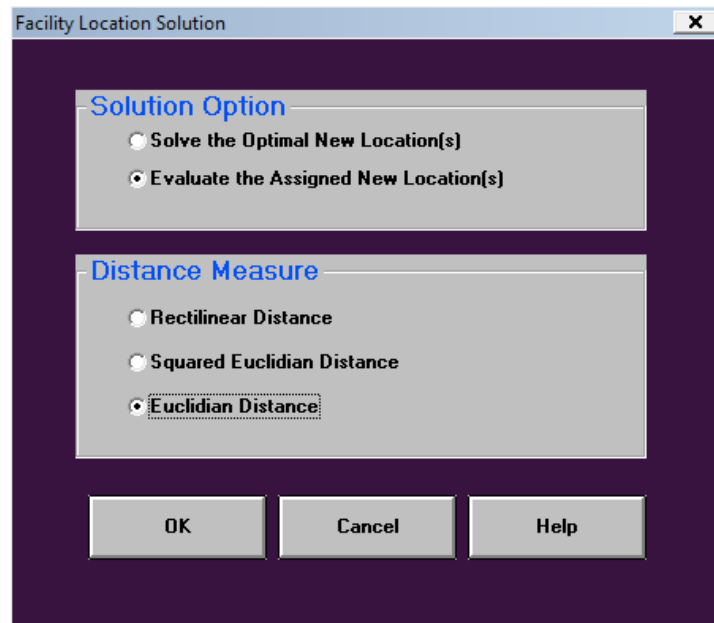


Figura 8. Método de solución para el problema del productor de café. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Después de haber llenado esta plantilla se pulsa "OK". Se abrirá una nueva ventana en la que se capturan las coordenadas de la nueva locación, la figura 9 expone lo anterior.

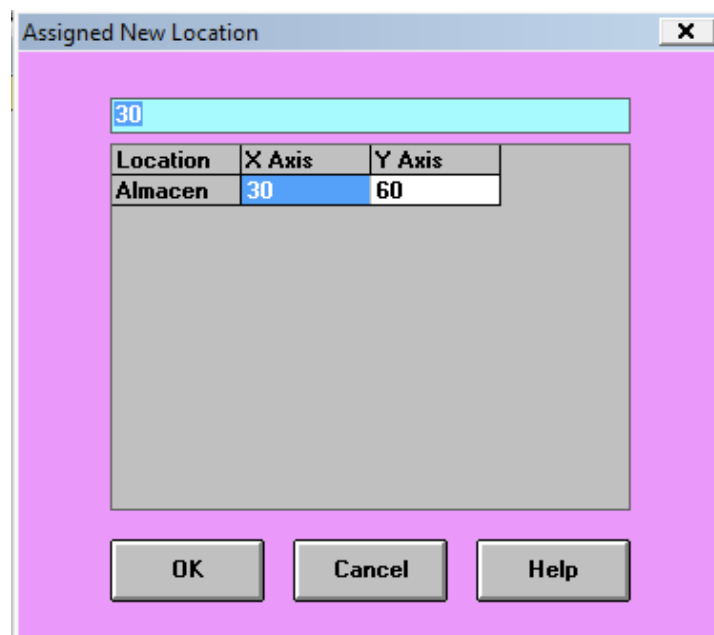


Figura 9. Coordenadas de la nueva locación asignada. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Después de completar o verificar las coordenadas, se pulsa el botón “OK”.

El programa genera una tabla de resultados, la cual cuenta con el flujo que debe manejar el nuevo almacén. También calcula el costo del flujo del almacén a las sucursales.

10-06-2012	New Facility	X Axis	Y Axis
1	Almacen	30	60
Total	Flow to&from	New Location	= 510
Total	Cost to&from	New Location	= 18,335.81
(by	Euclidian	Distance)	

Figura 10. Tabla de resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

El menú resultados (Results), tiene varias opciones para facilitar el análisis de los resultados.

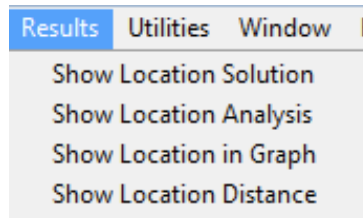


Figura 11. Menú Resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Si se elige la opción mostrar el análisis de la ubicación (Show Location Analysis), se obtiene una tabla como la expuesta en la figura 12:

10-07-2012 19:35:42	Facility Name	X Axis	Y Axis	Flow To All Facilities	Cost To All Facilities
1	Suc 1	10	20	0	0
2	Suc 2	20	90	0	0
3	Suc 3	40	50	0	0
4	Suc 4	70	50	0	0
5	Almacen	30	60	510	18,335.81
	Total			510	18,335.81
	Distance Measure:	Euclidian			

Figura 12. Análisis de la locación. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Se observan las coordenadas de cada sucursal y del almacén, el flujo, el costo de todas las locaciones y el método que se utilizó para su solución.

Al elegir la opción mostrar el gráfico de la ubicación (Show Location Graph), se obtiene una gráfica que muestra los diferentes puntos donde se localizan las sucursales y el almacén.

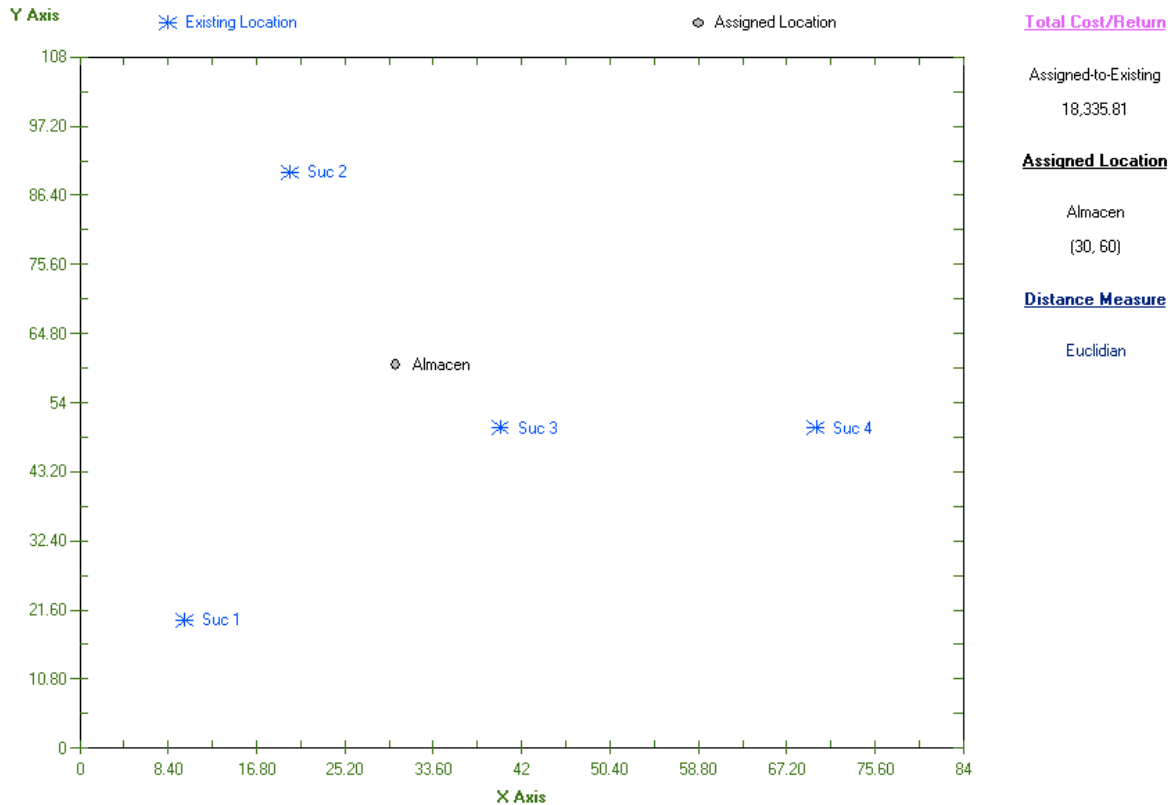


Figura 13. Análisis gráfico de la locación. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Y por último, si se selecciona la opción mostrar la distancia de la ubicación (Show Location Distance), se genera una tabla como la que se muestra en la figura 14.

10-07-2012 19:41:08	To Suc 1	To Suc 2	To Suc 3	To Suc 4	To Almacen	Sub Total
From Suc 1	0	70.71	42.43	67.08	44.72	224.94
From Suc 2	70.71	0	44.72	64.03	31.62	211.09
From Suc 3	42.43	44.72	0	30	14.14	131.29
From Suc 4	67.08	64.03	30	0	41.23	202.34
From Almacen	44.72	31.62	14.14	41.23	0	131.72
Sub-Total	224.94	211.09	131.29	202.34	131.72	901.38

Figura 14. Distancia entre locaciones. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Donde se obtiene una matriz triangular, con las distancias que hay entre locaciones.

Se invita al lector a realizar el análisis del local que se renta actualmente con las coordenadas (40,50), obtendrá los resultados siguientes.

04-23-2014	New Facility	X Axis	Y Axis
1	AntCDI	40	50
Total	Flow to&from	New Location	= 510
Total	Cost to&from	New Location	= 16,151.78
(by	Euclidian	Distance)	

Figura 15. Análisis de la locación rentada. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

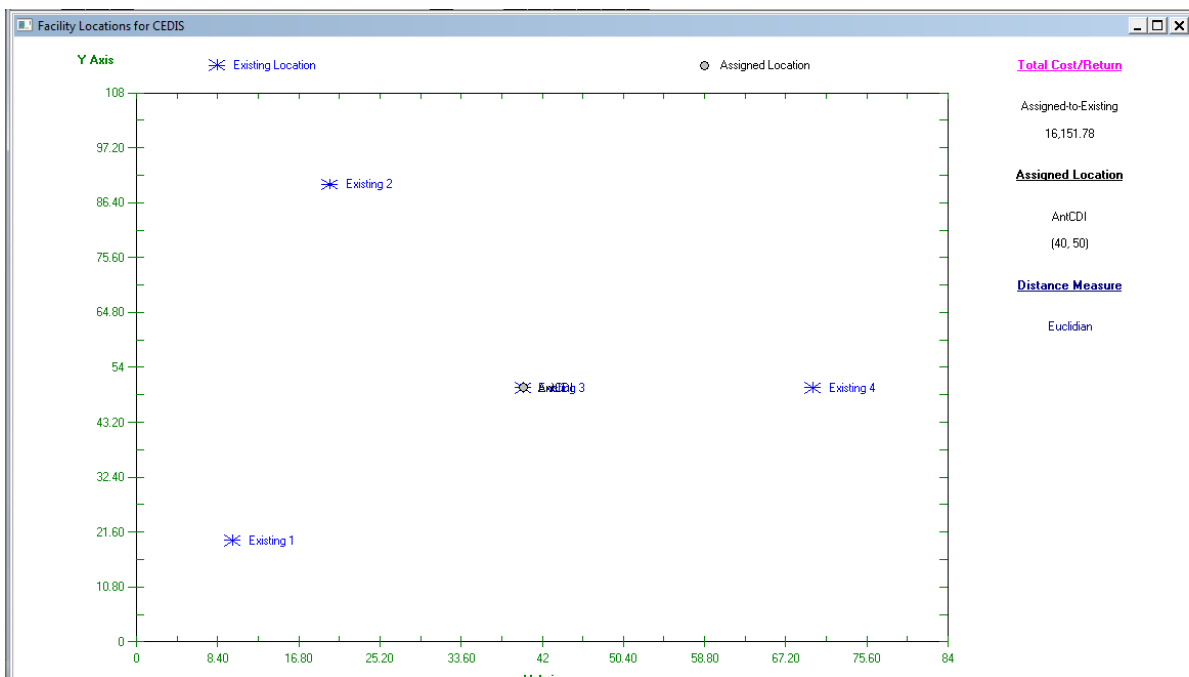


Figura 16. Análisis gráfico de la locación rentada. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Al obtener ambos resultados, se puede concluir que el productor de café quizá debe de adquirir un local cercano al que renta o seguir rentando, ya que el costo del traslado (16,151.78) de dicho local a todas las sucursales es menor al costo que tendría si adquiriera un nuevo local (18,335.81).

1.2. Distribución de planta (Functional Layout Problem)

“Las decisiones relativas a la distribución determinan dónde se colocarán los departamentos, los grupos de trabajo, las estaciones de trabajo y los puntos donde se guardan las existencias dentro de una instalación productiva. El objetivo es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo o un patrón de tránsito dado.” Chase, et al., (2009)

Mediante el siguiente ejemplo se mostrará cómo se deben introducir los datos del modelo en la plantilla de WinQSB y la solución del problema.

Una tienda de *retail* quiere analizar la funcionalidad de diseño de una de sus tiendas con 5 departamentos. Se tiene la información de los departamentos, su tamaño, ubicaciones actuales y el flujo del material para cada departamento.

Departamento	A	B	C	D	E	Coordenadas
A		90	70	80	78	(8,4)-(9,6)
B	28		55	33	45	(6,1)-(7,3)
C	23	35		23	34	(6,4)-(7,6)
D	39	34	76		78	(3,1)-(4,3)
E	33	39	34	33		(3,4)-(4,6)

Tabla 2. Flujo y coordenadas del problema de la tienda de *retail*. Fuente: Elaboración propia.

Se crea un nuevo problema en el módulo Facility Location and Layout, el programa genera una ventana como la mostrada en la figura 17 donde se selecciona el tipo de problema de funcionalidad del diseño (Functional Layout Problem). Seleccionar si la función objetivo es minimizar o maximizar. Introducir el título del problema (Problem Title), que será parte del encabezado de la siguiente ventana. Se introduce el número de filas y columnas en el área de la locación.

Figura 17. Especificaciones del problema de la tienda de Retail. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Después de haber llenado la plantilla, pulsar el botón “OK” para resolver el problema.

Se crea una nueva tabla para introducir los datos del problema, después de capturarlos se resuelve el problema.

Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit Cost	To Dep. 2 Flow/Unit Cost	To Dep. 3 Flow/Unit Cost	To Dep. 4 Flow/Unit Cost	To Dep. 5 Flow/Unit Cost	Initial Layout in Cell Locations [e.g., {3,5}, {1,1}-{2,4}]
1	1	No		90	70	80	78	{8,4}-{9,6}
2	2	No	28		55	33	45	{6,1}-{7,3}
3	3	No	23	35		23	34	{6,4}-{7,6}
4	4	No	39	34	76		78	{3,1}-{4,3}
5	5	No	33	39	34	33		{3,4}-{4,6}

Figura 18. Matriz datos iniciales del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Para resolver el ejemplo es necesario seleccionar la opción del menú resolver y analizar (Solve and Analyze), la figura 19 ilustra el menú mencionado.

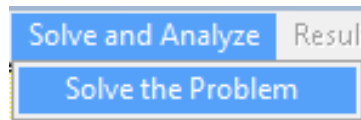


Figura 19. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Después el programa genera una nueva ventana mostrada en la figura 20, en la cual se presentan las 5 opciones de solución que son:

- Mejorar mediante el intercambio de 2 departamentos
- Mejorar mediante el intercambio de 3 departamentos
- Mejorar mediante el intercambio de 2 y 3 departamentos
- Mejorar mediante el intercambio de 3 y 2 departamentos
- Evaluar sólo el diseño inicial.

También se requiere seleccionar el método de medición de distancia, ya sea:

- Rectilinear Distance
- Squared Euclidian Distance
- Euclidian Distance

Por último se puede elegir la opción de mostrar la iteración de intercambio.

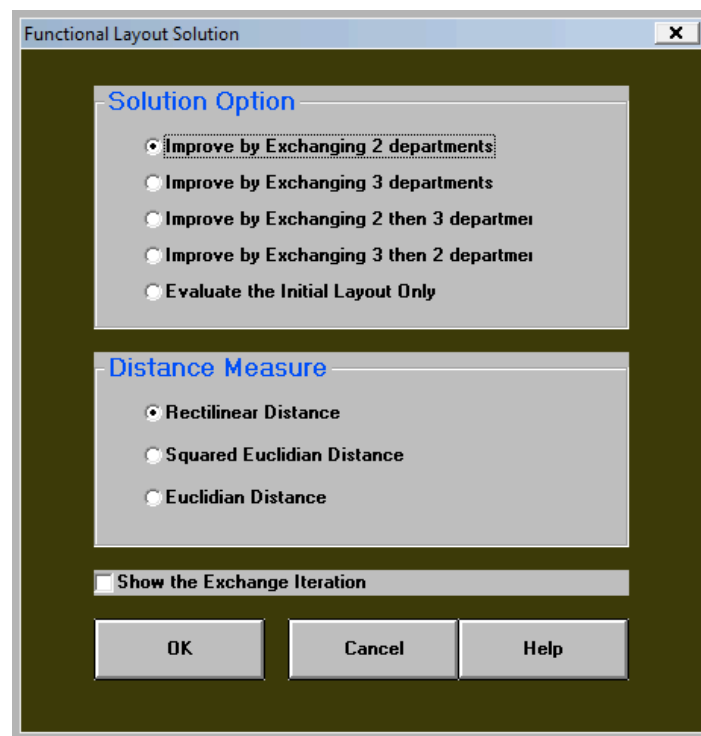


Figura 20. Opciones de solución para el problema del diseño funcional. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Pulsar el botón “OK” para resolver el problema.

El programa muestra la solución final de forma gráfica como se puede apreciar en la figura 23, si es que no selecciona la casilla “Show the Exchange Iteration”, en caso contrario se debe seleccionar el ícono correspondiente a Próxima iteración para visualizar las iteraciones sucesivas hasta llegar a la solución final.

5.1. Initial Layout for Retsil						
r c	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3	4	4	4	5	5	5
4	4	4	4	5	5	5
5						
6	2	2	2	3	3	3
7	2	2	2	3	3	3
8				1	1	1
9				1	1	1
Total Cost =4389 (Rectilinear Distance)						

Figura 21. Layout inicial de la tienda. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

5.1 Layout After Iteration 1 for Retsil						
r ^c	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3	4	4	4	5	5	5
4	4	4	4	5	5	5
5						
6	1	1	1	3	3	3
7	1	1	1	3	3	3
8				2	2	2
9				2	2	2
Total Cost =4159 Switch Departments: 1 2 (Rectilinear Distance)						

Figura 22. 1a iteración. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

5.1 Final Layout After 2 Iterations for Reta						
r ^c	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3	4	4	4	5	5	5
4	4	4	4	5	5	5
5						
6	3	3	3	1	1	1
7	3	3	3	1	1	1
8				2	2	2
9				2	2	2
Total Cost =4006 (Rectilinear Distance)						

Figura 23. Layout final. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Después de haber resuelto el problema, puede seleccionar las opciones contenidas en el menú Results, las cuales se describen a continuación:

- Mostrar el análisis de la distribución: muestra las coordenadas de los centros de cada departamento, así como el flujo total que tiene cada departamento y el costo que implica.

10-07-2012 23:58:52	Department Name	Center Row	Center Column	Flow To All Departments	Cost To All Departments
1	1	6.50	5	318	1104
2	2	8.50	5	161	820
3	3	6.50	2	115	517
4	4	3.50	2	227	968
5	5	3.50	5	139	597
	Total			960	4006
	Distance	Measure:	Rectilinear		

Figura 24. Análisis del layout. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

- Mostrar distancias de la distribución: muestra las distancias que hay entre departamentos.

10-07-2012 23:59:05	To 1	To 2	To 3	To 4	To 5	Sub Total
From 1	0	2	3	6	3	14
From 2	2	0	5	8	5	20
From 3	3	5	0	3	6	17
From 4	6	8	3	0	3	20
From 5	3	5	6	3	0	17
Sub-Total	14	20	17	20	17	88

Figura 25. Distancias del layout. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Como conclusión, la tienda tiene un ahorro de 383 UM, moviendo los departamentos 1, 2 y 3, esto se observa al comparar las distribuciones inicial y final que se mostraron anteriormente.

1.3. Problema de balanceo de línea (Line Balancing Problem)

“El problema del balanceo de línea, consiste en asignar todas las tareas a una serie de estaciones de trabajo de modo que cada una de ellas no tenga más de lo que se puede hacer en el tiempo del ciclo de la estación de trabajo y que el tiempo no asignado de todas las estaciones de trabajo sea mínimo.” Chase, et al., (2009)

Mediante el siguiente ejemplo, extraído de Desai, (2003), se mostrará la manera en la que se deben introducir los datos del modelo en la platilla de WinQSB y la solución del problema, para ello se debe elegir la opción de nuevo problema en el módulo Facility Location and Layout, eso generará una ventana como la que se muestra en la figura 26 y sirve para introducir las especificaciones del problema.

Una empresa manufacturera está diseñando una nueva línea de ensamble para la cabecera de una recámara. Hay 8 tareas a realizar y deberán ser analizadas para saber cuántas estaciones de trabajo se requieren, así como identificar las tareas que se realizarán en cada estación.

	Tiempo [min]	Tareas inmediatas sucesoras
Tarea 1	3	2
Tarea 2	4	3
Tarea 3	6	4, 5, 7
Tarea 4	2	6
Tarea 5	7	6
Tarea 6	5	7
Tarea 7	4	8
Tarea 8	6	

Tabla 3. Datos para el balanceo de línea. Fuente: Desai, K., (2003)

Para resolver este problema, se debe seleccionar el tipo de problema, en este caso el problema de balanceo de línea (Line Balancing Problem). Introducir el título del problema (Problem Title), que será parte del encabezado de la siguiente ventana. Introducir el número de tareas u operaciones. (Number of Operational Tasks) y por último introducir la unidad de tiempo. (Time Unit).

Figura 26. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Una vez llenado todos los campos necesarios, pulsar el botón “OK”. Se despliega una tabla para introducir los datos del problema.

Task Number	Task Name	Task Time in minute	Task Isolated (Y/N)	Immediate Successor (task number separated by ,)
1	Task 1	3	No	2
2	Task 2	4	No	3
3	Task 3	6	No	4,5,7
4	Task 4	2	No	6
5	Task 5	7	No	6
6	Task 6	5	No	7
7	Task 7	4	No	8
8	Task 8	6	No	

Figura 27. Tabla de datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Una vez capturados los datos del problema, se selecciona la opción resolver el problema (Solve the Problem) del menú resolver y analizar (Solve and Analyse).

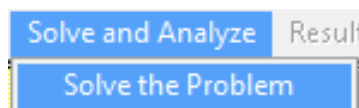


Figura 28. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

La ventana que aparece, mostrada en la figura 29, contiene las opciones para la solución del balanceo de línea, la cual cuenta con las siguientes características:

- Método de solución
 - Heurístico⁸
 - Buscar el mejor
 - COMSOAL de generación aleatoria
- Si se elige el método heurístico, se tiene que especificar uno de los diez heurísticos como método primario y otro como el desempate. Además, de especificar los números aleatorios semilla si es necesario.
- Si se elige el tipo COMSOAL de generación aleatorio, especificar el número de diseños de línea a ser generado e introducir la semilla de números aleatorios.
- Introduzca el tiempo de ciclo deseado para la línea equilibrada. de otra manera, puede introducir la longitud de tiempo y la cantidad deseada de producción. El programa calculará automáticamente el tiempo de ciclo.

Ya que se desea calcular los recursos necesarios para la nueva línea de ensamble de la nueva cabecera, se utiliza el procedimiento heurístico (Heuristic Procedure) como método de solución (Solution Method). Como método primario heurístico se elige la tarea con la mayor duración (Longest Task Time) y como desempate, seleccionamos la opción aleatoria (Random). El tiempo del ciclo que se requiere es de 12 minutos.

⁸ Heurística: Resolución de problemas usando procedimientos y reglas en vez de optimización matemática. Heizer, et all., (2009)

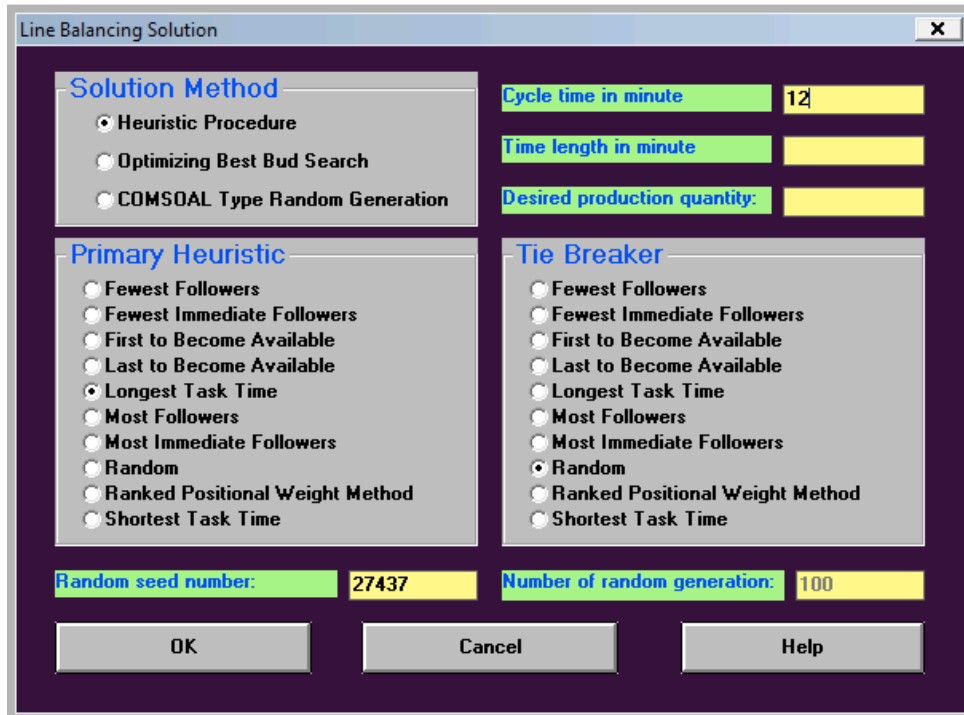


Figura 29. Opciones de solución del balanceo de línea. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Pulsar el botón “OK” para resolver. Los resultados se muestran en la figura 30.

10-07-2012 21:26:50	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Task 1	3	9	75.00%
2			2	Task 2	4	5	41.67%
3	2	1	3	Task 3	6	6	50.00%
4			4	Task 4	2	4	33.33%
5	3	1	5	Task 5	7	5	41.67%
6			6	Task 6	5	0	0.00%
7	4	1	7	Task 7	4	8	66.67%
8			8	Task 8	6	2	16.67%
	Solved by	Heuristic	Method				

Figura 30. Solución del balanceo de línea. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

La figura 30 muestra las estaciones de trabajo de la línea, el número de operaciones que realiza cada estación, la tarea realizada, el tiempo en que se realiza la tarea, así como el tiempo en que no está siendo utilizada la estación y por último el porcentaje de inactividad.

En el menú resultados (Results), se elige la opción de mostrar un resumen del balance de línea o el gráfico de la disposición de línea.

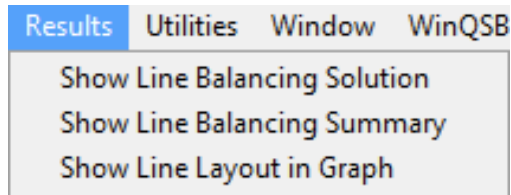


Figura 31. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

El resumen mostrado en la figura 32 contiene el tiempo deseado del ciclo, número de estaciones, número de operadores, total de tiempo disponible, tiempo total de tareas, tiempo total de inactividad, porcentaje de equilibrio.

10-07-2012	Item	Result
1	Desired Cycle Time in minute	12
2	Number of Line Stations	4
3	Number of Required Operators	4
4	Total Available Time in minute	48
5	Total Task Time in minute	37
6	Total Idle Time in minute	11
7	Balance Delay (%)	22.92%
	Optimal Solution has been obtained by	
	Primary Heuristic: Longest Task Time	
	Tie Breaker: Random	

Figura 32. Resumen del balanceo de línea. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Por otro lado el gráfico de la disposición de la línea que se presenta en la figura 33 muestra las cuatro estaciones, y las tareas que se realizan en cada una de ellas. Y datos adicionales como el tiempo total disponible, tiempo total de tareas en minutos, el tiempo total de inactividad y el porcentaje de equilibrio.

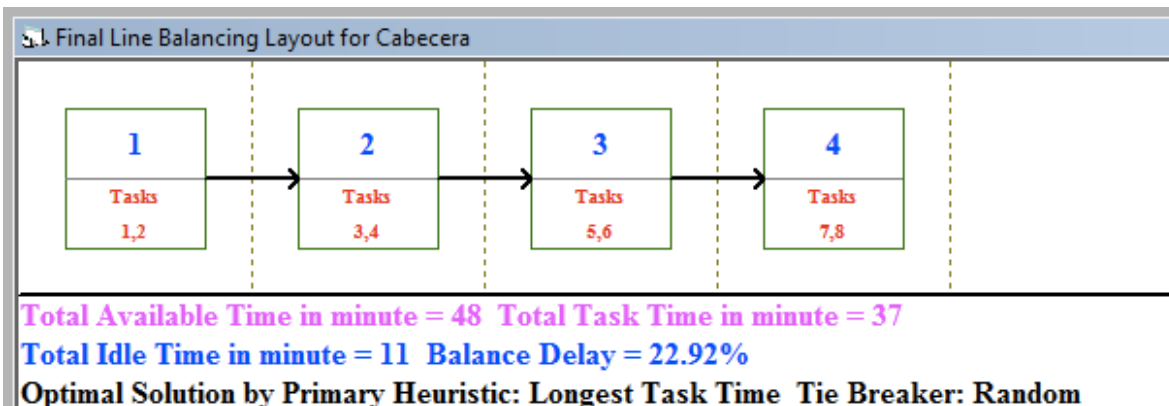


Figura 33. Balanceo de línea en gráfico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Facility Location and Layout.

Capítulo 2. PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

En este capítulo se espera que el lector encuentre una herramienta que le facilite el uso de los modelos, métodos y reglas para determinar los niveles óptimos de producción e inventarios.

En este capítulo se explica paso a paso como usar los módulos:

- Forecasting and Linear Regression, para el análisis y la evaluación de modelos de pronósticos.
- Inventory Theory and Systems, para evaluar los sistemas y modelos de inventarios.
- Aggregated Planning, para resolver problemas de planeación agregada.
- Material Requirement Planning, para los problemas de planeación de la producción, capacidad y materiales.
- Job Sheduling, para la programación de operaciones.

2.1. Análisis y evaluación de modelos de pronósticos.

“El propósito de la planeación de la demanda es coordinar y controlar todos los recursos del sistema de producción para hacer uso eficiente de los mismos y entregar los productos a tiempo. Pronosticar es la base de la planeación a largo plazo de las corporaciones. Hay que tener en mente que un pronóstico perfecto es usualmente imposible. Por lo tanto se debe de tratar de encontrar y utilizar el mejor método de pronóstico disponible. El pronóstico se puede clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación. Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimaciones y opiniones. El análisis de series de tiempo, se basa en la idea de que es posible utilizar información relacionada con la demanda pasada para predecir la demanda futura. La información anterior puede incluir varios componentes, como influencias de tendencias, estacionales o cíclicas. El pronóstico causal, que se analiza utilizando la técnica de regresión lineal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente. Los modelos de simulación permiten al encargado del pronóstico manejar varias suposiciones acerca de la condición del pronóstico”. Chase, et al., (2009) Una buena estrategia es usar dos o tres métodos, y evaluarlos con base en el sentido común y algunas técnicas cuantitativas.

En esta sección, se explica el uso del módulo Forecasting and Linear Regression.

Para crear un nuevo problema de pronósticos o regresión lineal, lo primero que se tiene que hacer es seleccionar el módulo correspondiente que es Forecasting and Linear Regression (Pronósticos y Regresión Lineal), posteriormente en necesario dar clic en la opción Nuevo Problema (New Problem) como se muestra en la figura 34, el programa genera una plantilla como se muestra en la figura 35, en la cual se introducen las características iniciales del problema:

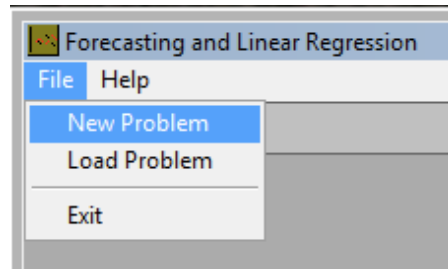


Figura 34. Menú File. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression.

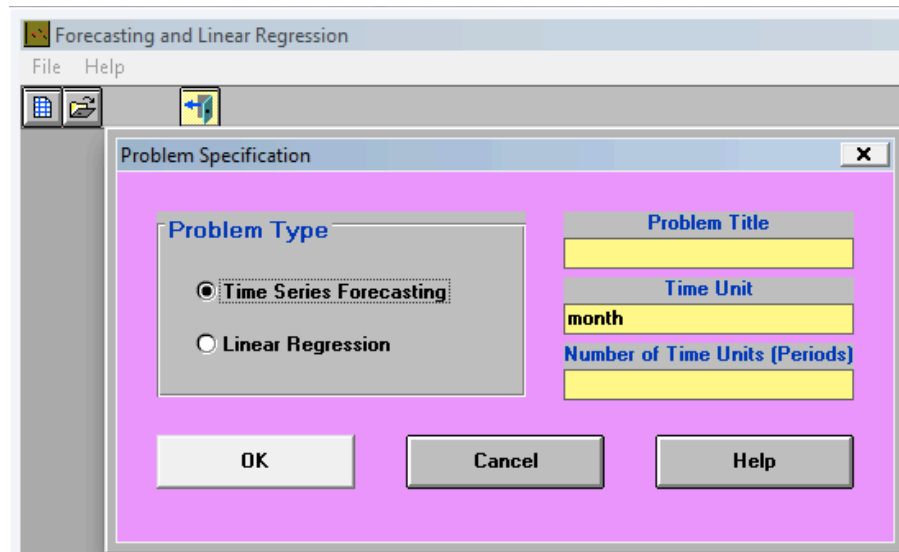


Figura 35. Especificaciones iniciales del problema. Fuente: Forecasting and Linear Regression

En la figura 35, se muestran los campos que deben de ser llenados y se describen a continuación:

- Tipo de problema (Problem Type): Permite seleccionar entre pronósticos de series de tiempo (Time Series Forecasting) y regresión lineal (Linear Regression), si seleccionamos la primera opción, se habilitarán los siguientes campos:
 - Unidad de tiempo (Time Unit): Es la unidad de tiempo para las series de tiempo. Por *default* es mes.
 - Número de periodos (Number of Periods): Sólo para los datos históricos de la serie de tiempo para definir el alcance del problema.
- Por otro lado, si la opción seleccionada es regresión lineal, se habilitarán los siguientes campos:
- Número de factores (Number of Factors (Varibales)): Sólo para regresión lineal incluye tanto las variables independientes como las dependientes.
 - Número de observaciones (Number of Observations): Sólo para regresión lineal para definir el número de observaciones por cada variable.
 - En ambos casos, se requiere introducir el Título del problema (Problem Title) que se mostrará en los formularios de entrada y de salida.

2.1.1. Pronósticos de series de tiempo.

Mediante el siguiente ejemplo, extraído de Desai, (2003), se guiará al lector en el manejo del módulo seleccionado.

La compañía Muebles DCO está interesada en realizar un pronóstico de la demanda para un modelo de comedor. Para las últimas cinco semanas, las cifras de ventas son: 200, 210, 167, 195 y 220. El departamento de ventas quiere saber cuántos comedores esperan vender la siguiente semana.

Este problema, se analizará por dos métodos de series de tiempo, promedio simple (Simple Average) y suavizamiento exponencial simple (Single Exponential Smoothing). En ambos casos se asume que el lector posee los conocimientos teóricos sobre ambos métodos, sin embargo para aquel interesado en una explicación exhaustiva sobre el tema se ofrece la bibliografía de referencia.

2.1.1.1. Promedio Simple.

Es necesario crear un nuevo problema en el módulo Forecasting and Linear Regression como ya se señaló anteriormente, se procede al llenado de la plantilla generada como se muestra la figura 36.

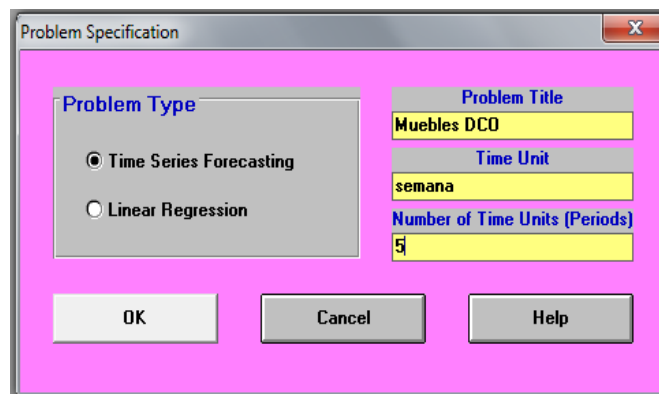


Figura 36. Especificaciones del problema de Muebles. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Una vez que se ha completado la plantilla se pulsa el botón de “OK”. Inmediatamente se abre una nueva ventana con una tabla la cual se muestra en la figura 37 donde se deben de introducir los datos históricos de las ventas de las cinco semanas anteriores tal como en la figura 38.

Semana	Historical Data
1	
2	
3	
4	
5	

Figura 37. Tabla para introducir los datos históricos. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Semana	Historical Data
1	200
2	210
3	167
4	195
5	220

Figura 38. Tabla con los datos históricos. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Una vez que se han ingresado los datos a la tabla, se procede a utilizar la herramienta realizar predicciones (Perform Forecasting) en el menú Resolver y Analizar (Solve and Analyze) que se muestra en la figura.

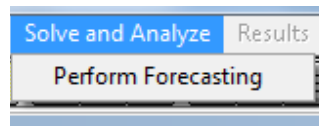


Figura 39. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

En la figura 40 se aprecia una plantilla con los doce métodos de pronósticos de posible elección.

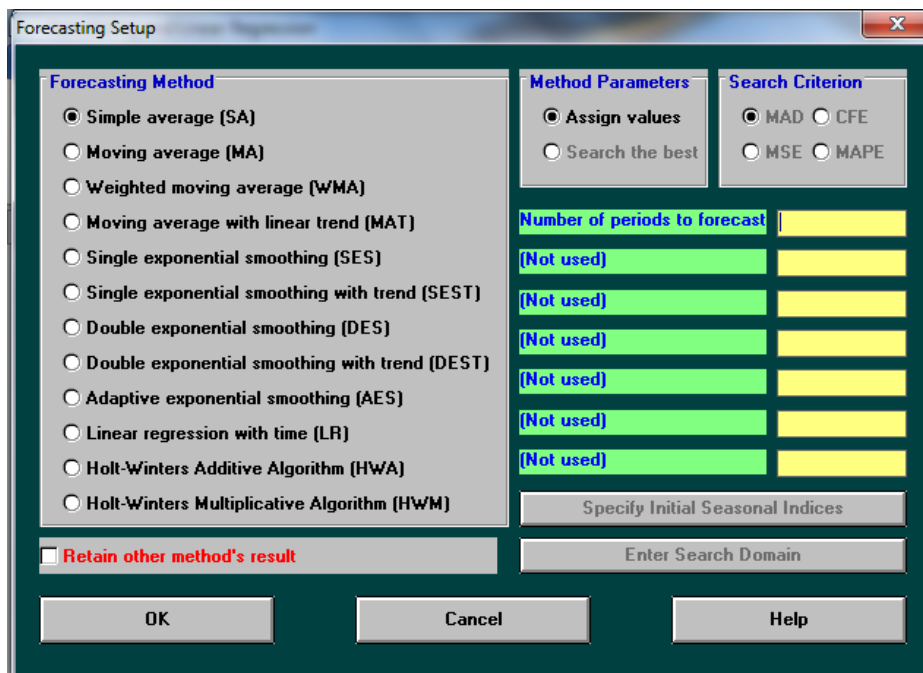


Figura 40. Ventana con los métodos de solución. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

La plantilla mostrada en la figura 40 contiene:

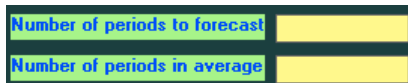
- Seleccionar el método de pronóstico.
 - Promedio simple (Simple Average)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)



A screenshot of a software interface showing a single input field with the label "Number of periods to forecast" in blue text on a green background. The input field itself is yellow.

Figura 41. Característica del método de solución Promedio simple. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

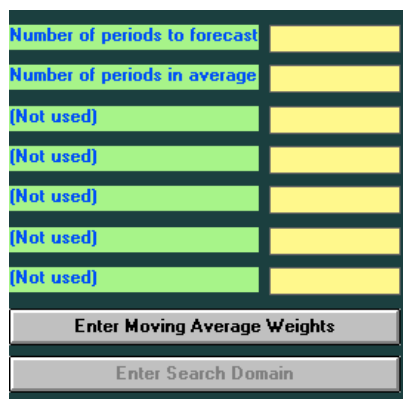
- Promedio móvil (Moving Average)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - Y el número de periodos a promediar (Number of periods in average)



A screenshot of a software interface showing two input fields. The top field is labeled "Number of periods to forecast" and the bottom field is labeled "Number of periods in average", both in blue text on a green background. The input fields are yellow.

Figura 42. Característica del método de solución Promedio móvil. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Promedio móvil ponderado (Weighted Moving Average)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - Y el numero de periodos a promediar (Number of periods in averge)
 - Se activará un botón para ponderar el promedio móvil (Enter Moving Average Wights)



A screenshot of a software interface showing a vertical stack of input fields. The top two fields are labeled "Number of periods to forecast" and "Number of periods in average" in blue text on a green background. Below them are five fields labeled "(Not used)" in blue text on a green background. At the bottom are two buttons: "Enter Moving Average Weights" and "Enter Search Domain", both in grey text on a grey background.

Figura 43. Característica del método de solución Promedio móvil ponderado. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Promedio móvil con tendencia lineal (Moving average with linear trend)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - Y el numero de periodos a promediar (Number of periods in averge)

Number of periods to forecast	
Number of periods in average	

Figura 44. Característica del método de solución Promedio móvil con tendencia. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Suavizado exponencial simple (Single Exponential Smoothing)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - El programa permitirá al usuario especificar los parámetros iniciales (Method Parameter(s)) o que el mismo programa busque la mejor opción. En caso de elegir la primera opción, deberá de introducir los valores de la constantes de suavizamiento (α), así como, valores iniciales de suavizado F(0)
 - En caso de elegir que WinQSB busque los parámetros iniciales, se activará un botón para introducir el dominio de la búsqueda (Enter Serch Domain) y el programa permitirá al usuario elegir entre cuatro tipos de criterios para evaluar el método (Search Criterion)
 - Desviación media absoluta (MAD)
 - Error de predicción acumulativo (CFE)
 - Cuadrado medio del error (MSE)
 - Porcentaje medio absoluto del error (MAPE)

Method Parameters	Search Criterion
<input type="radio"/> Assign values	<input checked="" type="radio"/> MAD <input type="radio"/> CFE
<input checked="" type="radio"/> Search the best	<input type="radio"/> MSE <input type="radio"/> MAPE
Number of periods to forecast	
Smoothing constant alpha	
Initial value F(0) if known	
[Not used]	
[Not used]	
[Not used]	
[Not used]	
Enter Moving Average Weights	
Enter Search Domain	

Figura 45. Característica del método de solución Suavizado exponencial simple. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Suavizado exponencial simple con tendencia lineal (Single Exponential Smoothing with Linear Trend)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - El programa permitirá al usuario especificar los parámetros iniciales (Method Parameter(s)) o que el mismo programa busque la mejor opción. En caso de elegir la primera opción, deberá de introducir los valores de las constantes de suavizamiento (α y β), así como, valores iniciales de suavizado F(0) y de tendencia T(0).

- En caso de elegir que WinQSB busque los parámetros iniciales, se activará un botón para introducir el dominio de la búsqueda (Enter Search Domain) y el programa permitirá al usuario elegir entre cuatro tipos de criterios para evaluar el método (Search Criterion)
 - Desviación media absoluta (MAD)
 - Error de predicción acumulativo (CFE)
 - Cuadrado medio del error (MSE)
 - Porcentaje medio absoluto del error (MAPE)

Figura 46. Característica del método de solución Suavizado exponencial simple con tendencia.
Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Suavizado exponencial doble (Double Exponential Smoothing)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - El programa permitirá al usuario especificar los parámetros iniciales (Method Parameter(s)) o que el mismo programa busque la mejor opción. En caso de elegir la primera opción, deberá de introducir los valores de la constantes de suavizamiento (α), así como, valores iniciales de suavizado $F(0)$ y $F'(0)$
 - En caso de elegir que WinQSB busque los parámetros iniciales, se activará un botón para introducir el dominio de la búsqueda (Enter Search Domain) y el programa permitirá al usuario elegir entre cuatro tipos de criterios para evaluar el método (Search Criterion)
 - Desviación media absoluta (MAD)
 - Error de predicción acumulativo (CFE)
 - Cuadrado medio del error (MSE)
 - Porcentaje medio absoluto del error (MAPE)

Method Parameters		Search Criterion	
<input type="radio"/> Assign values		<input checked="" type="radio"/> MAD	<input type="radio"/> CFE
<input checked="" type="radio"/> Search the best		<input type="radio"/> MSE	<input type="radio"/> MAPE
Number of periods to forecast			
Smoothing constant alpha			
Initial value F(0) if known			
Initial value F'(0) if known			
(Not used)			
(Not used)			
(Not used)			
Enter Moving Average Weights			
Enter Search Domain			

Figura 47. Característica del método de solución Suavizado exponencial doble. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Suavizado exponencial doble con tendencia (Double Exponential Smoothing with Linear Trend)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - El programa permitirá al usuario especificar los parámetros iniciales (Method Parameter(s)) o que el mismo programa busque la mejor opción. En caso de elegir la primera opción, deberá de introducir los valores de la constantes de suavizamiento (α), así como, valores iniciales de suavizado F(0) y F'(0)
 - En caso de elegir que WinQSB busque los parámetros iniciales, se activará un botón para introducir el dominio de la búsqueda (Enter Search Domain) y el programa permitirá al usuario elegir entre cuatro tipos de criterios para evaluar el método (Search Criterion)
 - Desviación media absoluta (MAD)
 - Error de predicción acumulativo (CFE)
 - Cuadrado medio del error (MSE)
 - Porcentaje medio absoluto del error (MAPE)

Method Parameters		Search Criterion	
<input type="radio"/> Assign values		<input checked="" type="radio"/> MAD	<input type="radio"/> CFE
<input checked="" type="radio"/> Search the best		<input type="radio"/> MSE	<input type="radio"/> MAPE
Number of periods to forecast			
Smoothing constant alpha			
Initial value F(0) if known			
Initial value F'(0) if known			
(Not used)			
(Not used)			
(Not used)			
Enter Moving Average Weights			
Enter Search Domain			

Figura 48. Característica del método de solución Suavizado exponencial doble con tenencia. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Suavizado exponencial adaptado (Adaptive Exponential Smoothing)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - Deberá de introducir los valores de la constantes de suavizamiento (α), la constante de ajuste (β), así como, valores iniciales de suavizado F(0)

Number of periods to forecast	
Smoothing constant alpha	
Adjusting constant beta	
Initial value F(0) if known	

Figura 49. Característica del método de solución Suavizado exponencial adaptado. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Regresión lineal (Lineal Regression)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - Deberá de introducir los valores de la intersección con Y y de la pendiente.

Number of periods to forecast	
Y-intercept (a) if known	
Slope (b) if known	

Figura 50. Característica del método de solución Regresión lineal. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Algoritmo aditivo de Holt-Winters (Holt-Winters Additive Algorithm)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - El programa permitirá al usuario especificar los parámetros iniciales (Method Parameter(s)) o que el mismo programa busque la mejor opción. En caso de elegir la primera opción, deberá de introducir los valores de la longitud del ciclo estacional, las constantes de

- suavizamiento (α , β y γ), así como, valores iniciales de suavizado $F(0)$ y de tendencia $T(0)$.
- En caso de elegir que WinQSB busque los parámetros iniciales, se activará un botón para introducir el dominio de la búsqueda (Enter Search Domain) y el programa permitirá al usuario elegir entre cuatro tipos de criterios para evaluar el método (Search Criterion)
 - Desviación media absoluta (MAD)
 - Error de predicción acumulativo (CFE)
 - Cuadrado medio del error (MSE)
 - Porcentaje medio absoluto del error (MAPE)
 - Para este método, se activará un botón donde se puede especificar el rango de los datos históricos introduciendo el inicio y el término de los ciclos estacionales para estimar los índices estacionales iniciales

Number of periods to forecast	<input type="text"/>
Seasonal cycle length (c)	<input type="text"/>
Smoothing constant alpha	<input type="text"/>
Smoothing constant beta	<input type="text"/>
Smoothing constant gamma	<input type="text"/>
Initial value F(c) if known	<input type="text"/>
Initial value T(c) if known	<input type="text"/>
Specify Initial Seasonal Indices	

Figura 51. Característica del método de solución Algoritmo aditivo Holt -Winters. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

- Algoritmo multiplicativo de Holt-Winters (Holt-Winters Multiplicative Algorithm)
 - Se deberá asignar el número de periodos a pronosticar (Number of Periods to Forecast)
 - El programa permitirá al usuario especificar los parámetros iniciales (Method Parameter(s)) o que el mismo programa busque la mejor opción. En caso de elegir la primera opción, deberá de introducir los valores de la longitud del ciclo estacional, las constantes de suavizamiento (α , β y γ), así como, valores iniciales de suavizado $F(0)$ y de tendencia $T(0)$.
 - En caso de elegir que WinQSB busque los parámetros iniciales, se activará un botón para introducir el dominio de la búsqueda (Enter Search Domain) y el programa permitirá al usuario elegir entre cuatro tipos de criterios para evaluar el método (Search Criterion)
 - Desviación media absoluta (MAD)
 - Error de predicción acumulativo (CFE)
 - Cuadrado medio del error (MSE)
 - Porcentaje medio absoluto del error (MAPE)
 - Para este método, se activará un botón donde se puede especificar el rango de los datos históricos introduciendo el inicio y el término de los ciclos estacionales para estimar los índices estacionales iniciales.

Number of periods to forecast	
Seasonal cycle length (c)	
Smoothing constant alpha	
Smoothing constant beta	
Smoothing constant gamma	
Initial value F(c) if known	
Initial value T(c) if known	
Specify Initial Seasonal Indices	

Figura 52. Característica del método de solución Algoritmo multiplicativo Holt-Winters. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

En la parte inferior izquierda de la figura 40 aparece la opción:

- Conservar los resultados de otros métodos (Retain Other Method's Results). Si se selecciona esta opción, se conservarán los resultados de pronósticos previos. Esta opción se utiliza para comparar diferentes algoritmos de pronósticos o parámetros.

Se llena la plantilla como se muestra en la figura 53 para continuar con la solución del problema.

The screenshot shows the 'Forecasting Setup' dialog box with the following settings:

- Forecasting Method:**
 - Simple average (SA)
 - Moving average (MA)
 - Weighted moving average (WMA)
 - Moving average with linear trend (MAT)
 - Single exponential smoothing (SES)
 - Single exponential smoothing with trend (SEST)
 - Double exponential smoothing (DES)
 - Double exponential smoothing with trend (DEST)
 - Adaptive exponential smoothing (AES)
 - Linear regression with time (LR)
 - Holt-Winters Additive Algorithm (HWA)
 - Holt-Winters Multiplicative Algorithm (HWM)
- Method Parameters:**
 - Assign values
 - Search the best
- Search Criterion:**
 - MAD
 - CFE
 - MSE
 - MAPE
- Number of periods to forecast:** 1
- Other parameters:** (Not used)
- Buttons:** Specify Initial Seasonal Indices, Enter Search Domain, OK, Cancel, Help
- Retain other method's result:**

Figura 53. Características de solución del problema de muebles. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Una vez que se ha completado la plantilla pulsar el botón de "OK". En la figura 54 se muestran los resultados.

09-13-2012 Semana	Actual Data	Forecast by SA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	200								
2	210	200	10	10	10	100	4.761905	1	
3	167	205	-38	-28	24	772	13.7582	-1.166667	0.4375338
4	195	192.3333	2.666672	-25.33333	16.88889	517.037	9.627973	-1.5	0.3100067
5	220	193	27	1.666672	19.41667	570.0278	10.28916	8.583716E-02	6.890561E-02
6		198.4							
CFE		1.666672							
MAD		19.41667							
MSE		570.0278							
MAPE		10.28916							
Trk. Signal		8.583716E-02							
R-square		6.890561E-02							

Figura 54. Resultados del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

En la tabla de resultados se puede observar los datos iniciales del problema con los distintos errores que el programa ha calculado, así como el pronóstico para la sexta semana es de más o menos 199 unidades y los cuatro tipos de errores de medición calculados para este resultado. Si se desea ver un gráfico, se debe seleccionar el submenú mostrar grafica del pronóstico (Show Forecasting Graph) del menú resultados (Results) o el ícono de la barra de herramientas mostrado en la figura 56.

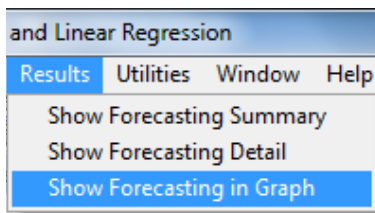


Figura 55. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression



Figura 56. Ícono del pronóstico gráfico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression.

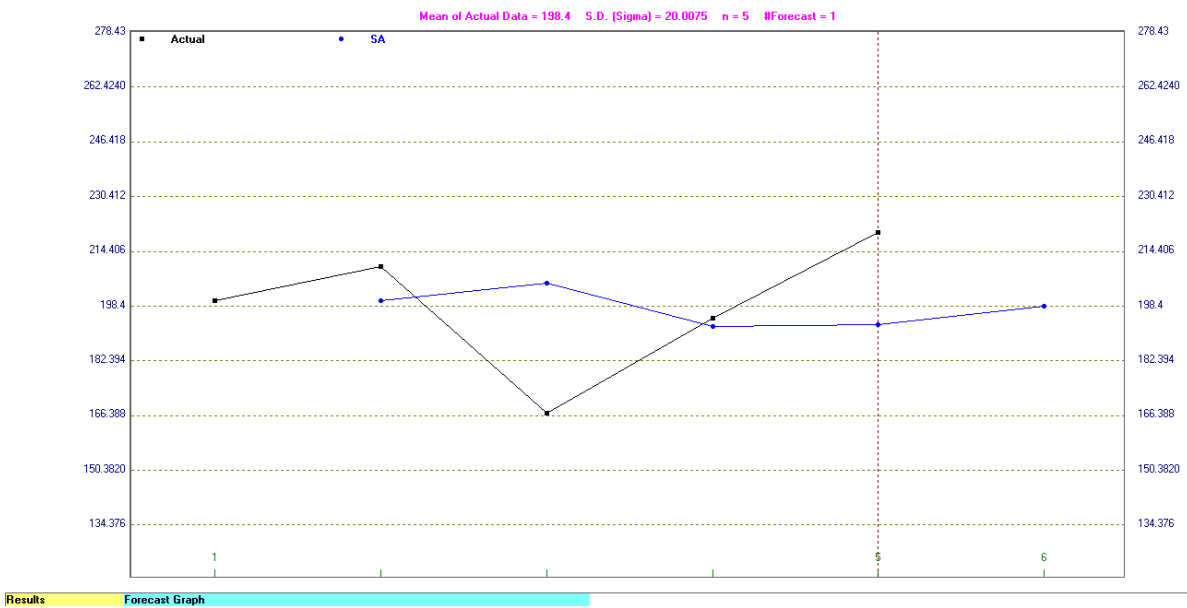


Figura 57. Gráfica del pronóstico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

El gráfico de la figura 57, grafica en color negro los datos históricos y con azul el pronóstico con el método de promedio simple.

2.1.1.2. Suavizado Exponencial Simple

En este caso se selecciona la opción de conservar los resultados de pronósticos anteriores, para que se pueda comparar cada uno de los resultados que se vayan obteniendo a través de los distintos métodos. Para este ejemplo se introduce el valor de la constante $\alpha = 0.4$ y $F(0) = 198.4$.

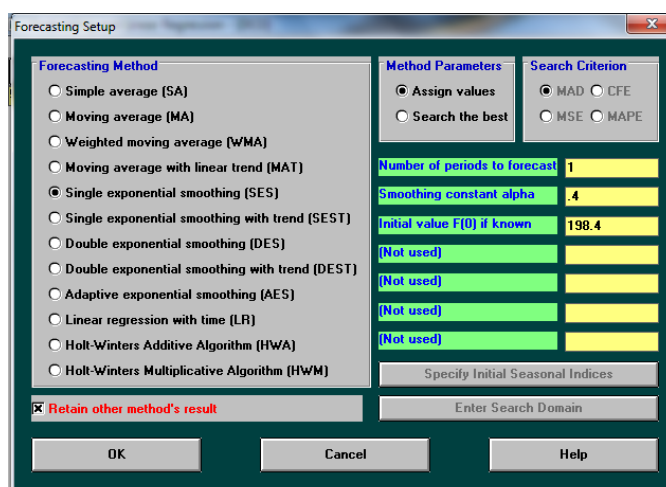


Figura 58. Métodos de solución para el pronóstico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Presionando OK el programa muestra la siguiente tabla de resultados.

09-13-2012 Semana	Actual Data	Forecast by SA	Forecast by SES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-s
1	200									
2	210	200	199.04	10.96001	10.96001	10.96001	120.1217	5.219051	1	
3	167	205	203.424	-36.424	-25.46399	23.692	723.4146	13.51491	-1.074793	0.
4	195	192.3333	188.8544	6.145599	-19.31839	17.8432	494.8659	10.06047	-1.082675	0.
5	220	193	191.3126	28.68736	9.368973	20.55424	576.8906	10.80528	0.455817	9.941
6		198.4	202.7876							
CFE		1.666672	9.368973							
MAD		19.41667	20.55424							
MSE		570.0278	576.8906							
MAPE		10.28916	10.80528							
Trk. Signal		8.583716E-02	0.455817							
R-square		6.890561E-02	9.941434E-02							
			Alpha=0.4							

Figura 59. Resultados del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Se pueden observar los resultados de ambos métodos. Para el suavizado exponencial simple, se tiene un pronóstico de ventas para la sexta semana de 203 unidades.

Con ayuda de los criterios de error se concluye que se tiene una menor desviación media absoluta (MAD) en el promedio simple, con un valor de 19.4166 contra 20.5542 o

analizando el porcentaje absoluto medio del error (MAPE), observando que el promedio simple tiene un error de 10.28 % contra el suavizado exponencial que es de 10.80 %.

La gráfica de los resultados obtenidos se muestra en la figura 60.

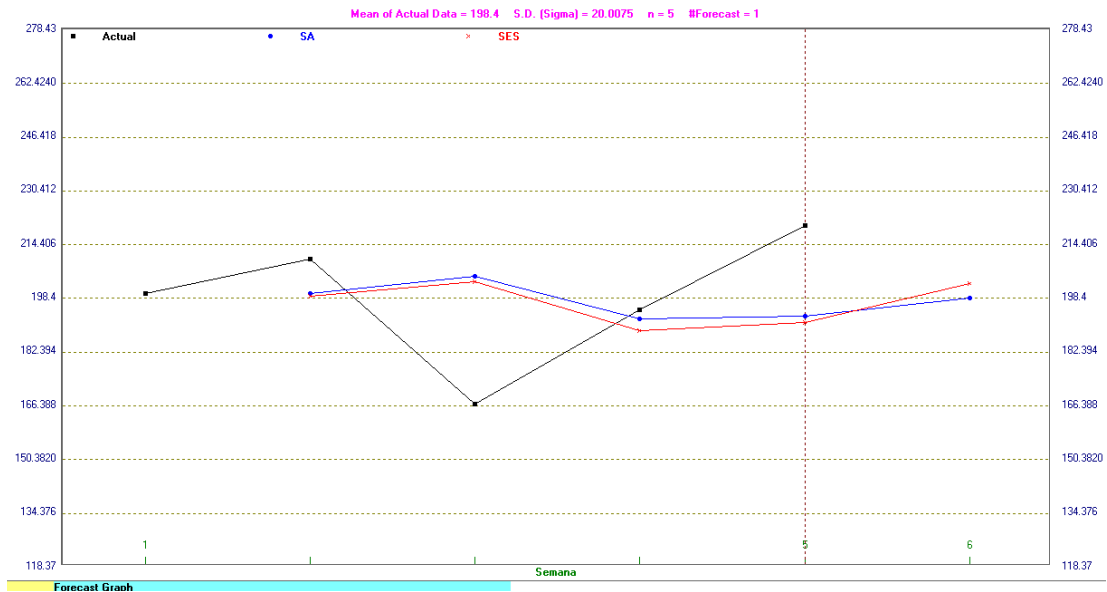


Figura 60. Gráfica con los dos métodos de pronóstico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

2.1.2. Regresión lineal.

Con el siguiente ejemplo, extraído de Desai, (2003), se guiará al lector en el manejo del módulo seleccionado para resolver problemas de regresión lineal.

La compañía Muebles DCO quiere predecir la demanda de sus muebles, basados en la economía familiar. Se tomó una muestra pequeña de datos para realizar el estudio. Los datos del muestreo se presentan en la siguiente tabla.

1	110	10000
2	122	15000
3	118	13000
4	100	9800
5	150	14300
6	94	7900
7	132	12300
8	185	18500
9	110	10200
10	105	11000

Tabla 4. Datos del muestreo obtenido. Fuente: Desai, K., (2003)

Se genera un nuevo problema en el módulo de pronósticos y regresión lineal (Forecasting and Linear Regression). En la pantalla de especificaciones del problema, mostrada en la figura 61, se elige la opción de regresión lineal (Linear Regression). Se introduce el título del problema “Muebles DCO”, el número de variables “2” y las “10” observaciones realizadas para el estudio. Pulsar en el botón OK.

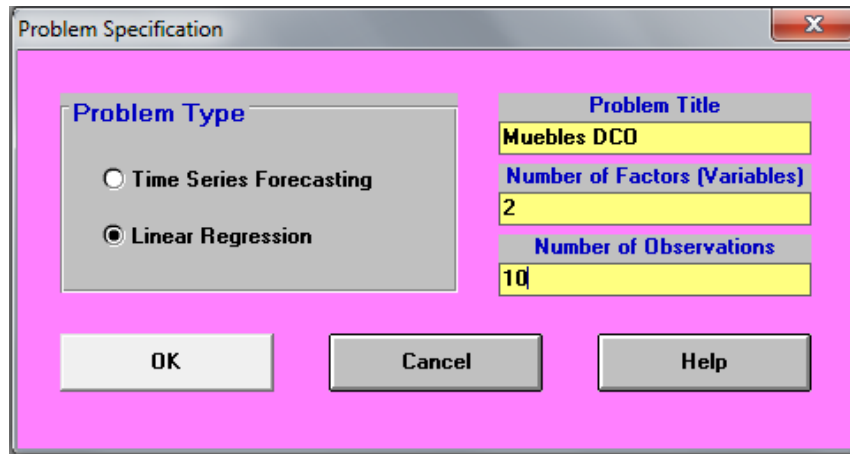


Figura 61. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Se genera una tabla como la que se ve en la figura 62 donde se deberán introducir los datos de la regresión lineal.

Observation	Factor 1	Factor 2
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Figura 62. Tabla para introducir datos de la regresión lineal. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Previo a introducir los datos en la tabla, se procede a cambiar los nombres de las columnas, esto para posteriormente facilitar el desarrollo del problema en WinQSB. Este cambio de nombre se realiza en el sub menú nombres de los factores (Factor (Variable) Names) en el menú editar (Edit), como se puede apreciar en la figura 63.

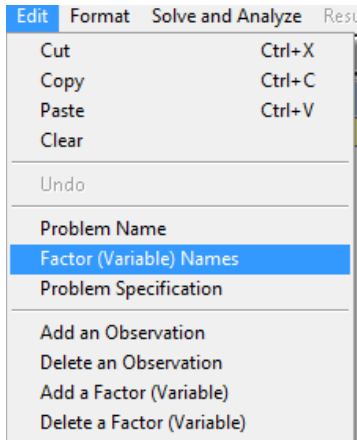


Figura 63. Menú Edit. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Para el desarrollo del problema, se usará el nombre de “Demanda” para el factor 1 e “Ingresos” para el factor 2

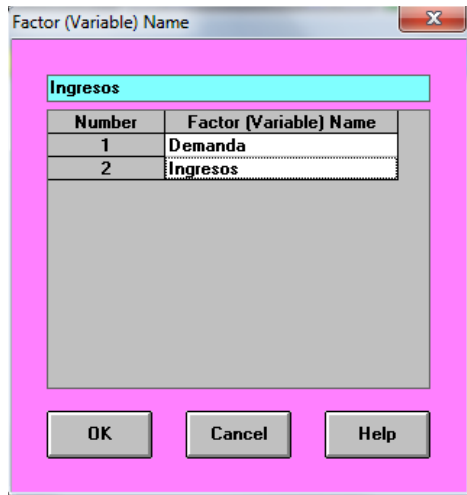


Figura 64. Sub menú Nombres de los factores. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Posteriormente se introducen los datos del muestreo en la tabla.

Observation	Demanda	Ingresos
1	110	10000
2	122	15000
3	118	13000
4	100	9800
5	150	14300
6	94	7900
7	132	12300
8	185	18500
9	110	10200
10	105	11000

Figura 65. Datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Una vez hecho esto, se procede a utilizar la herramienta Realizar regresión lineal (Perform Linear Regression) del menú Resolver y Analizar (Solve and Analyze).

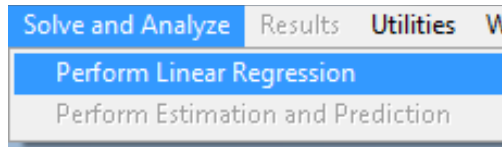


Figura 66. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Aparece una nueva ventana como la que se muestra en la figura 67, del lado izquierdo se selecciona la variable dependiente (y) de la regresión lineal, para el caso del problema se selecciona la Demanda. Y del lado derecho se selecciona la(s) variables independientes (x), por default está seleccionada la opción todas las variables que siguen (All Factors Below), para el caso en estudio se puede dejar esa opción seleccionada. Oprimir OK.

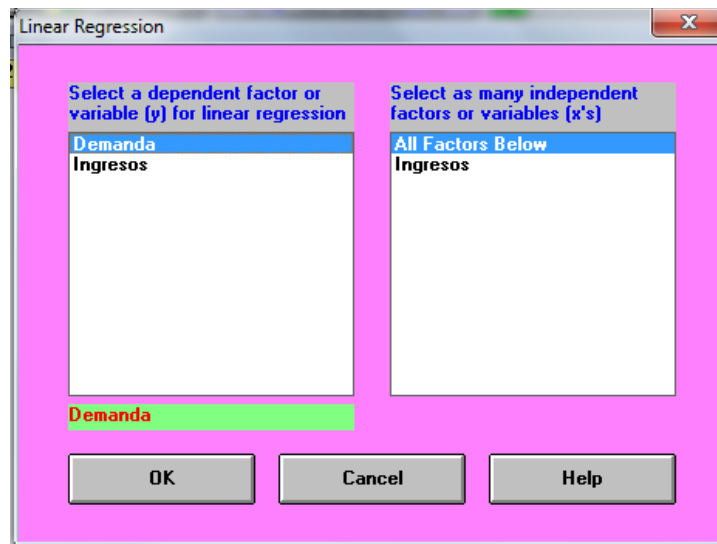


Figura 67. Ventana de regresión lineal. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

La figura muestra los resultados del análisis de regresión, en ella se presenta la media y la desviación estándar de la demanda. Y para los ingresos, se muestran la media, desviación estándar, el coeficiente de regresión, el error estándar, el valor t y el p.

09-14-2012 00:17:07	Variable Name	Mean	Standard Deviation	Regression Coefficient	Standard Error	t value	p-value
Dependent	Demanda	122.6	27.30568				
Y-intercept	Constant			24.92438	15.95482	1.562185	0.1568699
1	Ingresos	12200	3111.27	8.006198E-03	1.271101E-03	6.298633	2.331734E-04
	Se =	11.86421	R-square =	0.8321893	R-adjusted =	0.811213	

Figura 68. Resultados de la regresión lineal. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

El modelo de regresión lineal es:

$$Demanda = 24.92 + .008 * Ingresos$$

El coeficiente de determinación, R-square=83.21%

Para visualizar una tabla ANOVA⁹, seleccionar mostrar ANOVA (Show ANOVA) en el menú de resultados (Results).

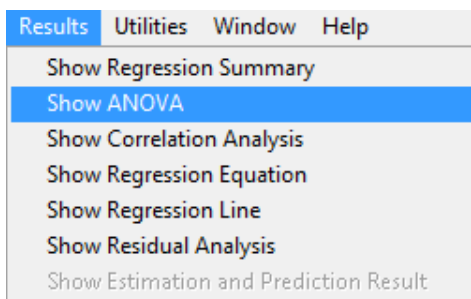


Figura 69. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

La siguiente figura muestra la tabla de resultados ANOVA, donde se reúnen los resultados obtenidos de los cálculos de los grados de libertad, la suma de cuadrados, las medias cuadráticas y el análisis de varianza de Fisher.

09-14-2012 00:17:49	Source of Variability	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F value	p-value
1	Regression	1	5584.323	5584.323	39.67278	2.331138E-04
2	Error	8	1126.077	140.7596		
3	Total	9	6710.4			

Figura 70. Tabla ANOVA. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

El análisis de correlación se obtiene seleccionando mostrar el análisis de correlación (Show Correlation Analyses) del menú resultados (Results).

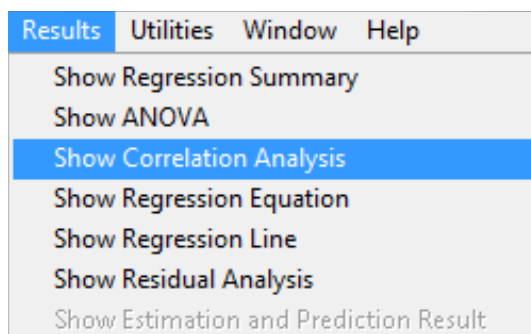


Figura 71. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

El análisis de correlación se muestra en la figura 72, y como el valor es muy cercano a 1 se puede decir que la correlación es positiva casi perfecta, por lo que existe una dependencia directa entre las dos variables.

⁹ La tabla ANOVA, nos informa sobre si existe o no relación significativa entre las variables.

09-14-2012	Variable	Variable	Correlation
1	Demanda	Ingresos	0.9122441

Figura 72. Análisis de correlación. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

A demás, la empresa Muebles DCO quiere predecir la demanda de sus muebles para una familia que sus ingresos son de \$13,200.00 mensuales. Se procede a utilizar la herramienta realizar estimación y predicción (Perform Estimation and Prediction) en el menú Resolver y Analizar (Solve and Analyze) como se muestra en la figura 73.

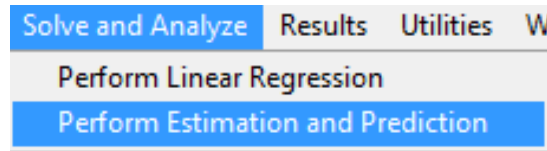


Figura 73. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

En la siguiente ventana se introduce 5% como el nivel de significancia (α), después se introduce el valor de la variable independiente (Enter Value for Independent Variable) para la variable dependiente que se desea conocer, en este caso es la Demanda. Se introducen los valores como se muestran en las figuras 74 y 75, en ambos casos, después oprimir el botón "OK".

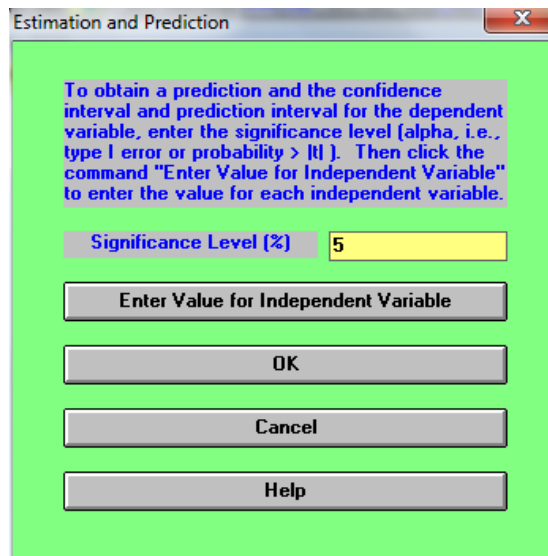


Figura 74. Estimación y predicción. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

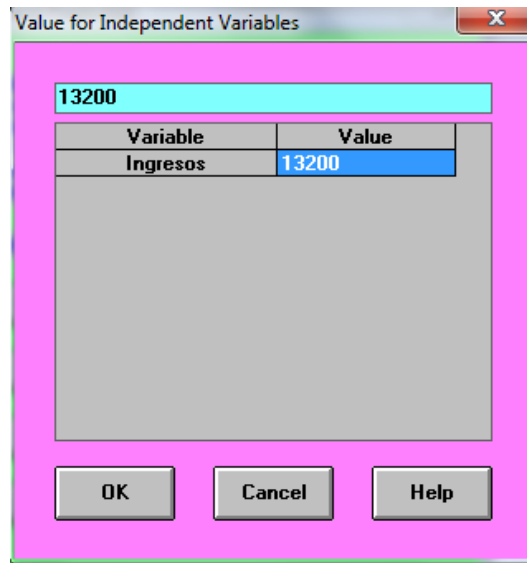


Figura 75. Valor para la variable independiente. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Los resultados de la predicción se muestran en la figura 76 y se describe a continuación.

09-14-2012	Variable/Item	Prediction and Values
1	Prediction for Demanda	130.6062
2	Standard Deviation of Prediction	3.961269
3	Prediction Interval	[101.7791, 159.4333]
4	Confidence Interval of Prediction Mean	[121.4767, 139.7357]
5	Significance Level (alpha)	5%
6	Degree of Freedom	8
7	t Critical Value	2.304681
8	Ingresos	13200

Figura 76. Resultados de la predicción. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Forecasting and Linear Regression

Analizando la tabla, el programa proporciona una predicción de la demanda de 130 unidades, con una desviación estándar de la predicción de 3.96, un intervalo de predicción (101.77, 159.43) así como un intervalo de confianza de la media de la predicción (121.47, 139.73) con un nivel de significancia del 5% y 8 grados de libertad con un valor crítico t de 2.30 para una familia con ingresos de \$13,200.00 mensuales se puede concluir que la demanda estimada estará entre los valores de 102 y 140 unidades.

2.2. Sistemas y modelos de inventarios.

“Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en el que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben de ser los pedidos. Por convención, el término inventario de manufactura se refiere a las piezas que contribuyen o se vuelven parte de la producción de una empresa. El inventario de manufactura casi siempre se clasifica en materia prima, productos terminados, partes componentes, suministros y trabajo en proceso. En los servicios el término inventario, por lo regular se refiere a los bienes tangibles a vender y los suministros necesarios para administrar el servicio.

El propósito básico del análisis del inventario en la manufactura y los servicios es especificar cuándo es necesario pedir más piezas, y qué tan grandes deben de ser los pedidos”. Chase, et al., (2009)

En esta sección se explica el uso del módulo Inventory Theory and Systems.

Para crear un nuevo problema de teoría y modelos de inventarios lo primero que se tiene que hacer es seleccionar el módulo correspondiente, en este caso, Inventory Theory and Systems y posteriormente pulsar en la opción Nuevo Problema (New Problem) que generará una plantilla en la cual se introducirán las características del problema:

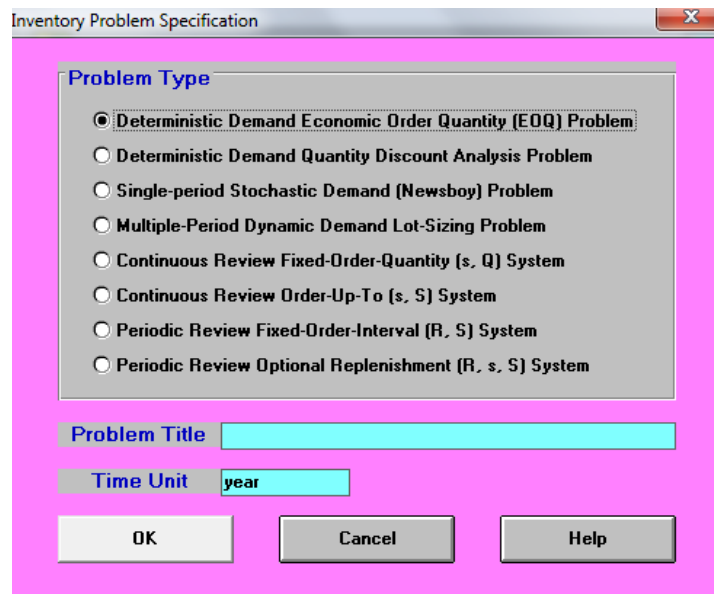


Figura 77. Especificaciones del problema de inventario. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

La Figura 77 muestra la plantilla con los campos que se describen a continuación:

- Tipo de problema (Problem Type): Permite seleccionar el tipo de problema a resolver entre:
 - Problema determinístico de la cantidad económica a ordenar EOQ (Deterministic Demand Economic Order Quantity (EOQ) Problem)
 - Problema determinístico del análisis de descuento por cantidad (Deterministic Demand Quantity Discount Analysis Problem)

- Demanda estocástica un solo periodo (Single-period Stochastic Demand (Newsboy) Problem)
- Múltiples periodo de demanda dinámica tamaño de lote (Multiple-period Dynamic Demand Lot-sizing problema)
- Revisión continua del sistema para fijar una orden por cantidad (Continuous Review Fixed-order-quantity (s,Q) System)
- Revisión continua del sistema de ordenar hasta su llegada (Continuous Review Order-up-to (s,S) System)
- Revisión periódica del sistema de fijar una orden por intervalo (Periodic Review Fixed-order-interval (R,S) System)
- Revisión periódica del sistema de reposición opcional (Continuous Review Order-up-to (s,S) System)
- Título del problema (Problem Title): Es el nombre del problema que se mostrará en los formularios de entrada y de salida.
- Unidad de tiempo (Time Unit): Es la unidad de tiempo en la que están basados los datos. Por default aparece años.
- Número de periodos (Number of Periods): se presenta solo en el problema de múltiples periodos con demanda dinámica del tamaño de lote.

2.2.1. Modelos de demanda conocida y su relevancia en los sistemas de revisión periódica y sistemas de revisión continua.

2.2.1.1. Determinación del lote óptimo de compra con y sin faltante (EOQ)

Mediante el siguiente ejemplo extraído de las notas de clase del M.I. Ricardo Torres Mendoza del semestre 2013-1 se mostrará la manera en la que se deben introducir los datos del modelo en la platilla del módulo de WinQSB analizado y la solución del problema.

In The Monitor es un fabricante de monitores a color para computadoras personales. La compañía utiliza el modelo EOQ con reposición gradual para determinar los tamaños de los lotes de producción para sus diversos modelos. El monitor más nuevo de la compañía es el modelo IM-023. La compañía espera que las ventas de este modelo vayan a una tasa de 3600 por año durante un tiempo. Las instalaciones para producir este modelo se comparten con otros modelos distintos. Mientras dichas instalaciones de producción se dedican al modelo IM-023, la tasa de producción es de 1500 monitores por mes. El costo cada vez que se preparan las instalaciones para una corrida de producción de este modelo es de \$200.00. El costo anual de mantenimiento de cada uno de estos monitores en inventario se calcula en \$25.00. El costo de cada monitor IM-023 es de \$100.00 por unidad.

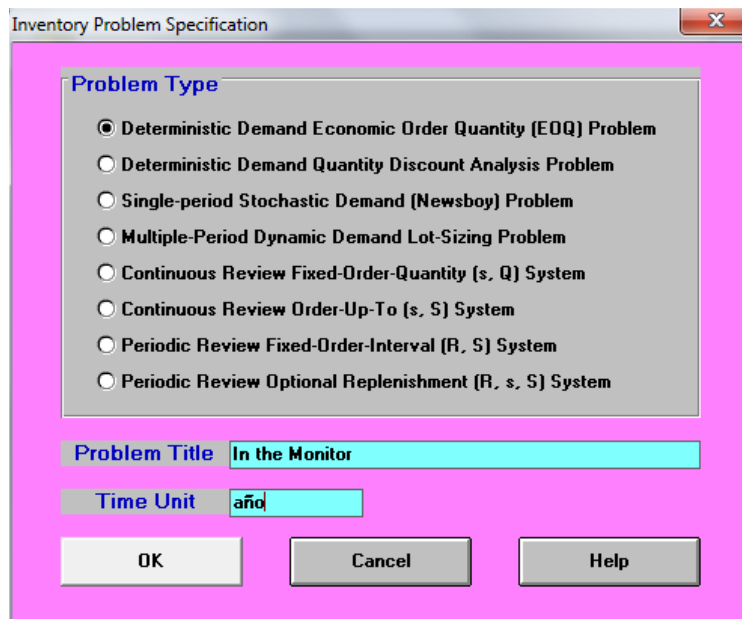


Figura 78. Especificaciones del problema de inventario. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Se procede a seleccionar el tipo de problema que se quiere resolver, en este caso es un problema de EOQ. Se rellena el espacio para el nombre del problema como “In the Monitor” y se pulsa el botón “OK”.

La figura 79, muestra una nueva ventana en la que se introducen los datos del problema.

DATA ITEM	ENTRY
Demand per año	
Order or setup cost per order	
Unit holding cost per año	
Unit shortage cost per año	M
Unit shortage cost independent of time	
Replenishment or production rate per año	M
Lead time for a new order in año	
Unit acquisition cost without discount	
Number of discount breaks (quantities)	
Order quantity if you known	

Figura 79. Tabla para introducir los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la columna DATA ITEM, se describen los datos que se requieren introducir.

- Demanda por año (Demand per year)
- Orden o la configuración de costo por orden (Order or setup cost per order)
- Unidad del costo por mantener el inventario por “año” (Unit holding cost per “time unit”)
- Costo unitario de escasez por “año” (Unit shortage cost per “time unit”)
- Costo unitario de escasez independiente del tiempo (Unit shortage cost independent of time)
- Reposición o tasa de producción por “año” (Replenishment or production rate per “unit time”)
- Tiempo de espera para una nueva orden en el “año” (Lead time for a new order in “unit time”)

- Unidad de costo de adquisición sin descuento (Unit acquisition cost without discount)
- Número de cortes de descuento (cantidades) (Number of discount breaks (quantities))
- Orden de la cantidad si se conoce (Order quantity if you know)

En la columna ENTRY, se introducen los datos del problema como se muestra en la figura 80.

DATA ITEM	ENTRY
Demand per año	3600
Order or setup cost per order	200
Unit holding cost per año	25
Unit shortage cost per año	M
Unit shortage cost independent of time	
Replenishment or production rate per año	M
Lead time for a new order in año	
Unit acquisition cost without discount	100
Number of discount breaks (quantities)	
Order quantity if you known	

Figura 80. Tabla con los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

A continuación, se resuelve el problema seleccionando la primera opción del menú resolver y analizar (Solve and Analyze).

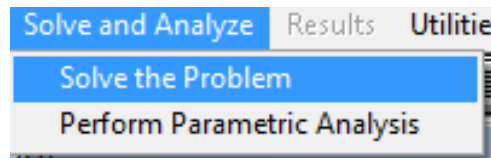


Figura 81. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

El programa genera una tabla con los resultados, mostrados en la figura 82. La interpretación de los resultados es parte fundamental para la toma de decisiones.

09-30-2012	Input Data	Value	Economic Order Analysis	Value
1	Demand per año	3600	Order quantity	240
2	Order (setup) cost	\$200.0000	Maximum inventory	240
3	Unit holding cost per año	\$25.0000	Maximum backorder	0
4	Unit shortage cost		Order interval in año	0.0667
5	per año	M	Reorder point	0
6	Unit shortage cost			
7	independent of time	0	Total setup or ordering cost	\$3000.0000
8	Replenishment/production		Total holding cost	\$3000.0000
9	rate per año	M	Total shortage cost	0
10	Lead time in año	0	Subtotal of above	\$6000.0000
11	Unit acquisition cost	\$100.0000		
12			Total material cost	\$360000.0000
13				
14			Grand total cost	\$366000.0000

Figura 82. Resultados del problema de EOQ. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la tabla de la figura 80, las primeras dos columnas corresponden a los datos introducidos anteriormente, las siguientes dos columnas corresponden a los resultados obtenidos por el programa.

La columna Economic Order Analysis describe los puntos del análisis realizado.

- Cantidad a ordenar (Order quantity)
- Inventario máximo (Maximum inventory)
- Pedido pendiente máxima (Maximum backorder)
- Intervalo para ordenar en el año (Order interval in “time unit”)
- Punto de re-orden (Reorder point)
- Configuración total o costo de ordenar (Total setup or ordering cost)
- Coste total de almacenar (Total holding cost)
- Costo total de escasez (Total shortage cost)
- Subtotal (Subtotal of above)
- Costo total del material (Total material cost)
- Costo total general (Grand total cost)

Como respuesta al problema, *In the Monitor* debe de ordenar 240 unidades y el costo anual del inventario es de \$6000.00.

Para realizar un análisis del costo, se puede generar una gráfica seleccionando la opción análisis gráfico del costo (Graphic Cost Analysis) del menú resultados (Results).

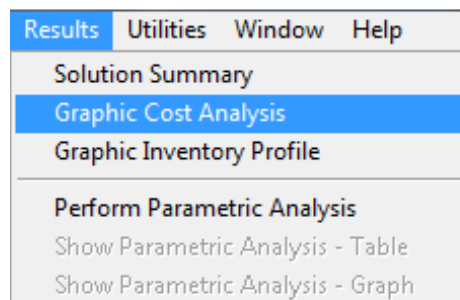


Figura 83. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Una nueva platilla, como la que aparece en la Figura 84, se generará para definir el rango de los ejes a graficar. Tanto los costos máximos y mínimos en vertical y la cantidad máxima y mínima a ordenar en horizontal.

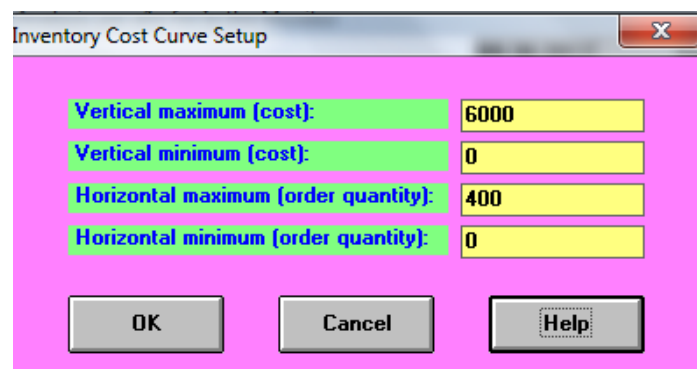


Figura 84. Preparación de la curva de costo de inventario. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

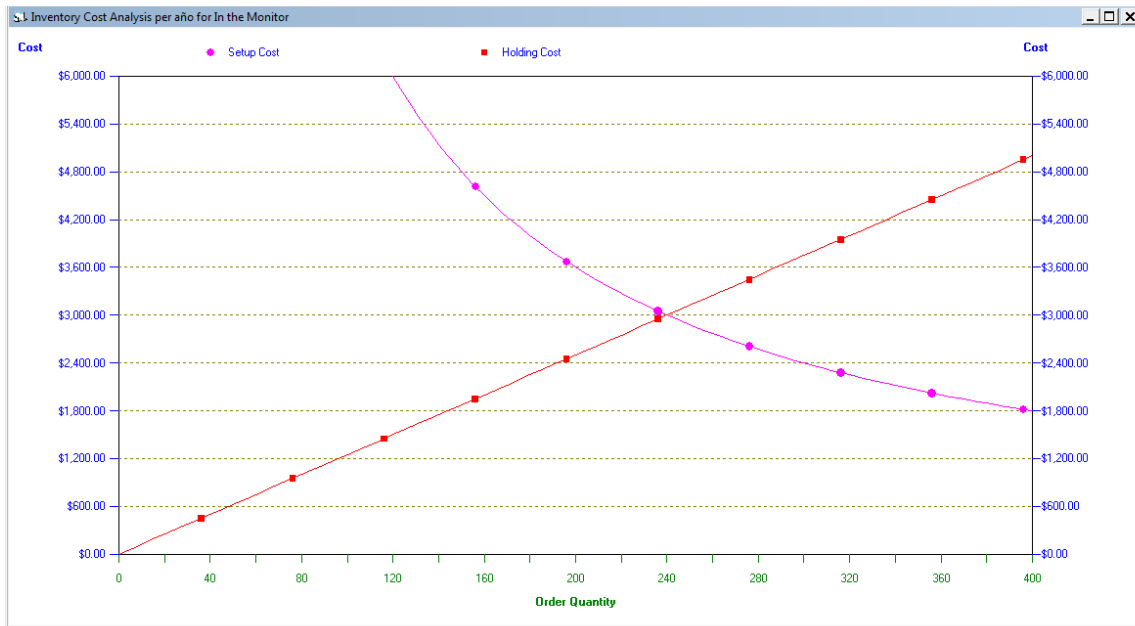


Figura 85. Análisis gráfico del costo de inventario de un año para In the Monitor Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la figura 85, se muestra la gráfica Cantidad a ordenar-Costo, en la que se aprecia de color rojo la curva del costo por mantener el inventario y de color lila la curva del costo por ordenar, la intersección de ambas es la cantidad óptima a ordenar.

Si se quiere analizar de forma gráfica el comportamiento del inventario, se puede generar una gráfica en la opción perfil de inventario gráfico (Graphic Inventory Profile) en el menú resultados (Results).

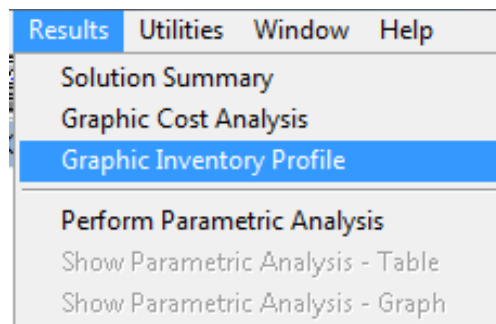


Figura 86. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la figura 87 se muestra la nueva platilla donde se puede definir el nivel del inventario inicial, los valores de inventario máximo y mínimo, el número de ciclos, el punto de re-orden y la cantidad a ordenar.

Inventory Profile Setup

Initial inventory level (+/-):	0
Vertical maximum (inventory):	288.0000
Vertical minimum (inventory):	0
Horizontal number of cycles:	10
Reorder point (s):	10
Order quantity (Q):	240.0000

OK Cancel Help

Figura 87. Preparación del perfil de inventario. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

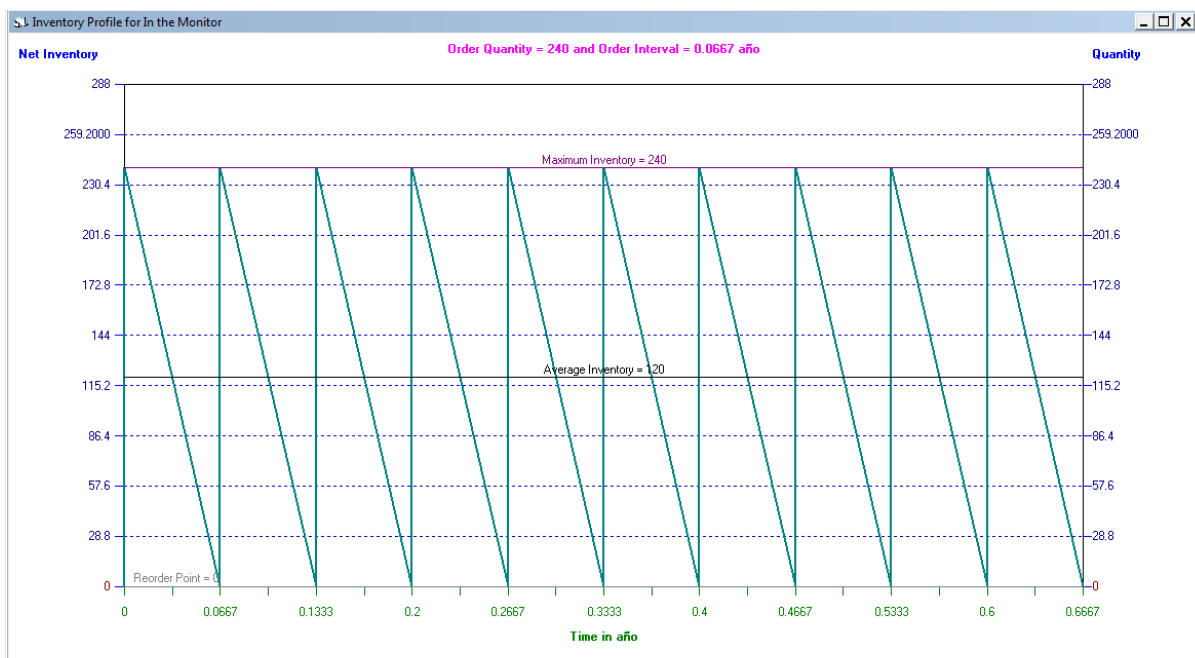


Figura 88. Perfil de inventario para la empresa In the Monitor. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la gráfica de la figura 88 se observa el inventario máximo (240) representado con una línea horizontal de color magenta y el inventario promedio (120) con una línea horizontal de color azul marino.

2.2.1.2. Determinación del tamaño de lote considerando descuentos por cantidad

Mediante el siguiente ejemplo extraído de las notas de clase del M.I. Ricardo Torres Mendoza del semestre 2013-1 se muestra la manera en la que se deben introducir los datos del modelo en la platilla de WinQSB y la solución paso a paso del problema.

In the Monitor, se dedica a la fabricación de monitores para computadoras personales. La compañía compra cierta componente para su reciente monitor a otras dos compañías, *Electrobium* y *MiniSystems*. La componente que requiere ITM ambas compañías lo producen y sus servicios son iguales, de manera que comprarán la componente en base al costo. La demanda de esta componente es de 3600 unidades por año, el costo de realizar el pedido es de \$100.00 y el costo de mantener el inventario es de 25%.

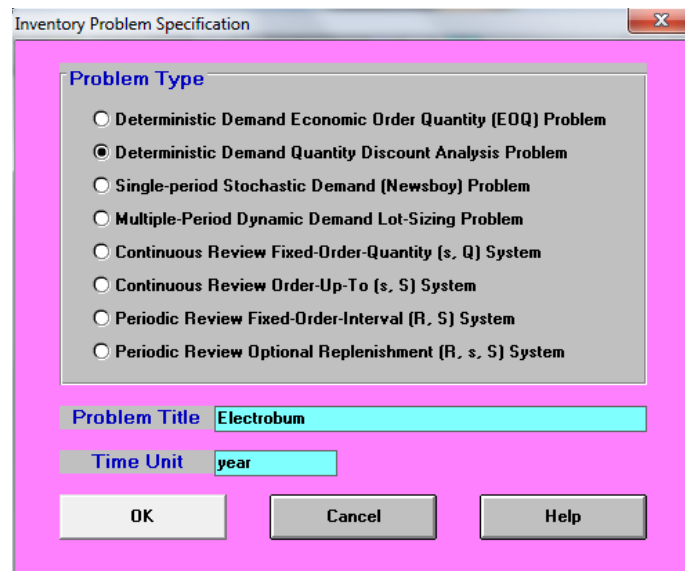
Electrobium maneja el siguiente plan de precios. Si la cantidad ordenada es menor de 600 piezas, el precio es de \$160.00 por unidad; si la cantidad es de 600 o mas pero menos de 1200, el precio unitario es de \$158.00. Cualquier cantidad mayor o igual a 1200 unidades tiene un precio unitario de \$156.00.

MiniSystems maneja un descuento incremental con el mismo rango de precios y cantidades.

Analizando este problema, se tiene que realizar dos modelos, uno para *Electrobium* y otro para *MiniSystems*.

Electrobium maneja un descuento en todas la unidades. Se procede a seleccionar el tipo de problema que se quiere resolver, en este caso es un problema de descuento por la cantidad a ordenar (Deterministic Demand Quantity Discount Analysis Problem). Llenar el espacio para el nombre del problema como "Electrobium" y pulsar el botón "OK".

Se muestra una nueva ventana en la que se introducen los datos del problema.



The screenshot shows a dialog box titled "Inventory Problem Specification". It contains a "Problem Type" section with several radio button options. The selected option is "Deterministic Demand Quantity Discount Analysis Problem". Below this, there is a "Problem Title" field with the text "Electrobium" and a "Time Unit" field with the text "year". At the bottom of the dialog, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Figura 89. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Se procede a introducir los datos del problema.

DATA ITEM	ENTRY
Demand per year	3600
Order or setup cost per order	100
Unit holding cost per year	0.25
Unit shortage cost per year	M
Unit shortage cost independent of time	
Replenishment or production rate per year	M
Lead time for a new order in year	
Unit acquisition cost without discount	160
Number of discount breaks (quantities)	3
Order quantity if you known	

Figura 90. Tabla para introducir los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la opción cortes por descuento (Discount Breaks) del menú editar (Edit), aparece una plantilla con el número de cortes de descuento previamente establecidos.

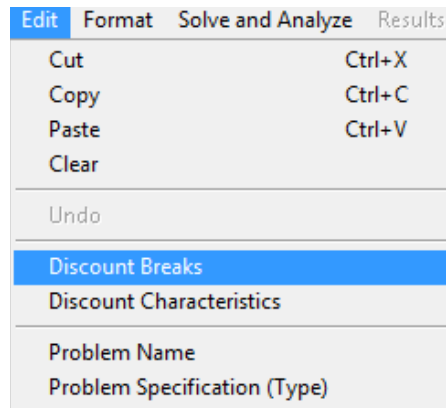


Figura 91. Menú Edit. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

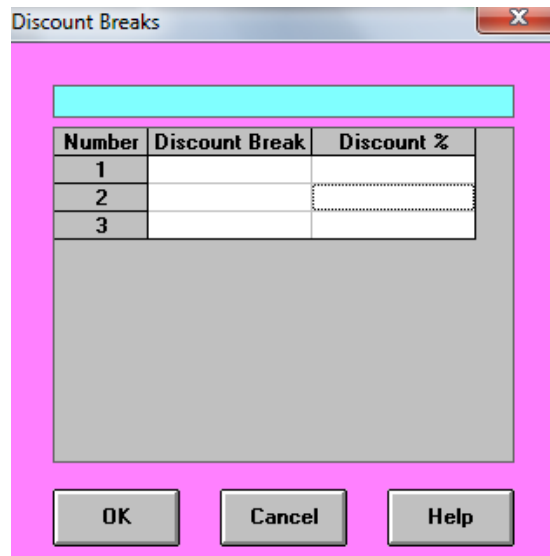


Figura 92. Cortes por descuento. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la columna Discount Break, se introducen los intervalos menores de cada uno de los cortes de descuento. En la siguiente columna se introduce el porcentaje de descuento para cada corte. Después de haber llenado la plantilla, pulsar "OK".

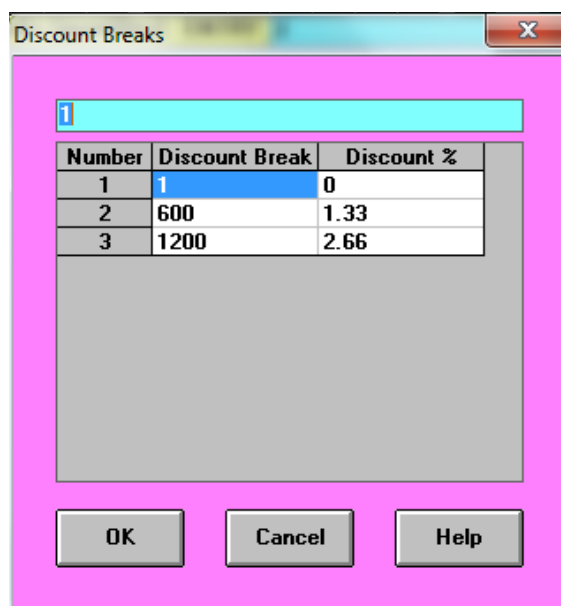


Figura 93. Cortes por descuento según el problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

A continuación se resuelve el problema seleccionando la primera opción del menú resolver y analizar (Solve and Analyze).

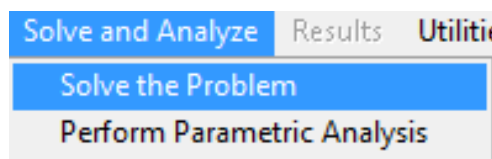


Figura 94. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

El programa genera una tabla con los resultados. La interpretación de los resultados es parte fundamental para decidir cuánto se debe de comprar y a que costo.

09-30-2012	Break Qty.	Discount %	EOQ	EOQ Cost	Feasibility	Order Qty.	Total Cost
0	0	0	1697.056	\$576424.3000	No	1	\$936000.1000
1	1	0	1697.056	\$576424.3000	No	600	\$576675.0000
2	600	1.33	1697.056	\$568763.4000	No	1200	\$568789.2000
3	1200	2.66	1697.056	\$561102.7000	Yes	1697.056	\$561102.7000
**	Recommended	Order Qty. =	1697.056	Discount =	2.66%	Total Cost =	\$561102.7000

Figura 95. Tabla de resultados del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En esta tabla de resultados, las primeras dos columnas presentan los datos introducidos para los cortes de descuento, la siguiente columna muestra el resultado de EOQ, le sigue el costo de EOQ, la columna de factibilidad presenta si es o no factible realizar las

órdenes, la penúltima columna genera la cantidad óptima a ordenar y la última el costo total.

La fila ** presenta la recomendación de la cantidad óptima a pedir, para el problema que se está resolviendo, lo ideal es ordenar 1697.056 unidades, con un descuento del 2.66% y un costo total de \$561102.70.

Para el caso de *MiniSystems*, estando en la tabla donde se introducen los datos, seleccionar la opción características de descuento (Discount Characteristics) del menú editar (Edit).

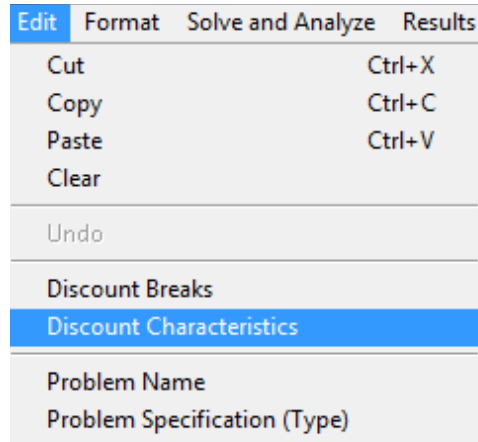


Figura 96. Menú Edit. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Se abrirá una ventana como la que se muestra en la figura 97, que contiene las siguientes opciones:

- Tipo de descuento (Discount Type)
 - El mismo descuento a todas las unidades (All units discounted the same).
 - Descuento incremental (Incrementally discounted)
- Costo de mantener
 - Constante (Constant)
 - Con descuento (Also discounted)
- Costo de escasez por tiempo (Shortage cost (per time))
 - Constante (Constant)
 - Con descuento (Also discounted)
- Costo de escasez no por unidad de tiempo (Shortage cost (not por time unit))
 - Constante (Constant)
 - Con descuento (Also discounted)

Seleccionar la opción de descuento incremental y pulsar el botón "OK".

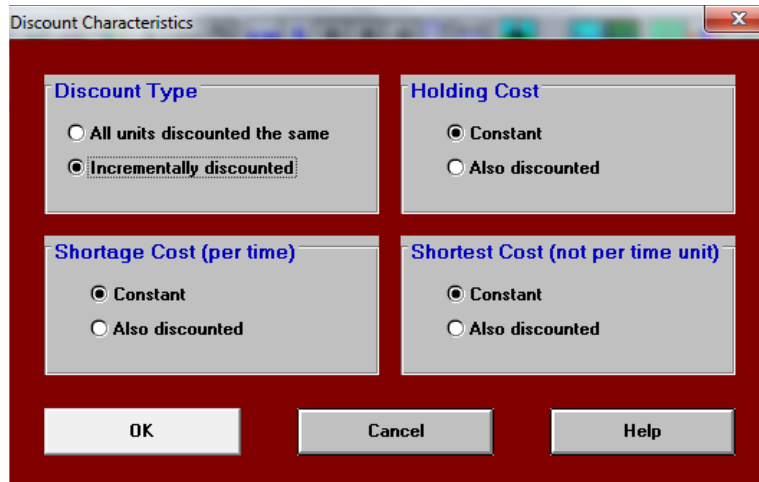


Figura 97. Características del descuento. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

A continuación se resuelve el problema seleccionando la primera opción del menú resolver y analizar (Solve and Analyze).

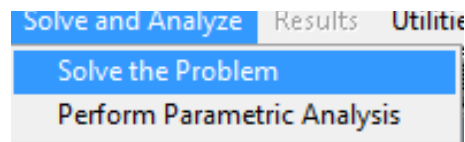


Figura 98. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la figura 99 se muestra la tabla de resultados que el programa generó. La interpretación de los resultados es parte fundamental para decidir cuánto se debe de comprar, a que costo y que opción de descuento le conviene a la empresa.

09-30-2012	Break Qty.	Discount %	EOQ	EOQ Cost	Feasibility	Order Qty.	Total Cost
0	0	0	1697.056	\$569228.1000	Yes	1697.056	\$569228.1000
1	1	0	1697.056	\$569228.1000	No	600	\$576675.0000
2	600	1.33	6296.979	\$563712.6000	No	1200	\$572619.6000
3	1200	2.66	10639.34	\$563338.2000	Yes	10639.34	\$563338.2000
**	Recommended	Order Qty. =	10639.34	Discount =	2.66%	Total Cost =	\$563338.2000

Figura 99. Tabla de resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

La fila ** nos presenta la recomendación de la cantidad óptima a pedir 10639.34, con un descuento del 2.66% y un costo total de \$563338.20.

2.2.2. Modelos de tamaño de lote dinámico.

Mediante el siguiente ejemplo extraído de las notas de clase del M.I. Ricardo Torres Mendoza del semestre 2013-1 se mostrará la manera en la que se deben introducir los datos del modelo en la platilla de WinQSB para la solución del problema de modelos de tamaño de lote dinámico.

Una pastelería produce en un gran horno 50 pasteles o menos al mismo tiempo. La demanda anual de sus pasteles, se muestra en la siguiente tabla:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Demanda	40	22	50	11	30	30	26	22	10	22	44	30

Tabla 4. Datos de la demanda del problema. Fuente: notas de clase del M.I. Ricardo Torres Mendoza del semestre 2013-1

El costo unitario de cada pastel es de 200 UM. La limpieza del horno se requiere antes de procesar el lote de pasteles; el costo de emitir una orden de producción es de 25 UM. El costo unitario de mantener el inventario es 1 UM por pastel al mes; los pasteles tienen caducidad, si se mantienen en inventario más de 1 mes.

De la misma forma en que se ha señalado en la sección 3.2.2, se procede a seleccionar el tipo de problema que se quiere resolver, en este caso es un problema de tamaño de lote dinámico (Multiple-period Dynamic Demand Lot-sizing problem). Llenar la platilla con la información que se pide como se visualiza en la figura 96 y pulsar el botón "OK".

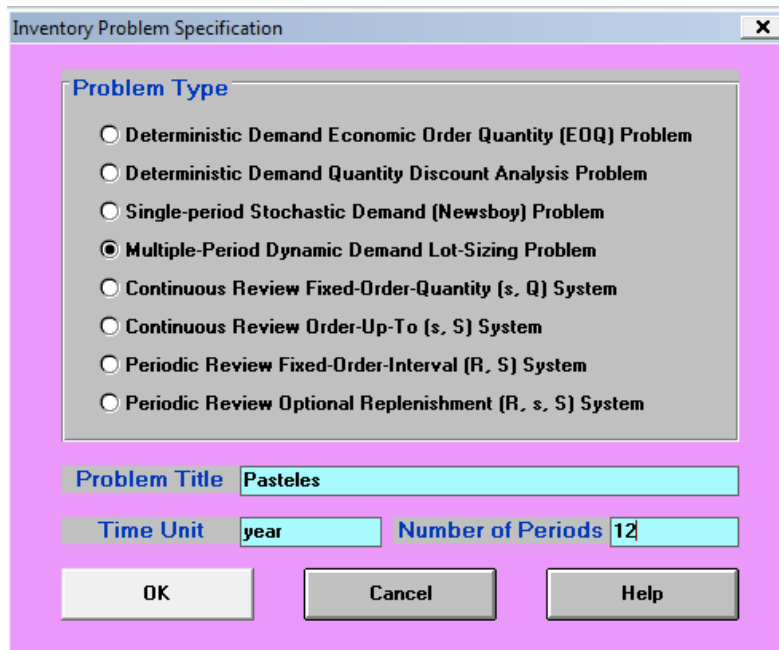


Figura 100. Especificaciones del problema de inventario. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Se muestra una nueva ventana en la que se deberán de introducir los datos del problema. En la primera columna se pide introducir la demanda de cada uno de los periodos, en la segunda se pide introducir el costo de generar la orden, la siguiente es el costo variable

unitario, la penúltima columna corresponde al costo por mantener el inventario y si el problema contara con un costo por faltantes se introduciría en la última columna.

year	Demand	Setup Cost	Unit Variable Cost	Unit Holding Cost	Unit Backorder Cost
1	40	25	200	1	
2	22	25	200	1	
3	50	25	200	1	
4	11	25	200	1	
5	30	25	200	1	
6	30	25	200	1	
7	26	25	200	1	
8	22	25	200	1	
9	10	25	200	1	
10	22	25	200	1	
11	44	25	200	1	
12	30	25	200	1	

Figura 101. Tabla de datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Después de haber llenado la tabla como en la figura 101, seleccionar la opción resolver el problema (Solve the Problem) del menú resolver y analizar (Solve and Analyse).

Una nueva plantilla aparecerá con los diferentes métodos para resolver el problema, esta se muestra en la figura 102.

- Algoritmo Wagner-Whitin (Wagner-Whitin Algorithm)
- Método heurístico de Silver-MEal (Silver Meal Heuristic Procedure)
- Cantidad fija a ordenar (Fixed Order Quantity)
- Cantidad económica a ordenar (Economic Order Quantity)
- Lote por lote (Lot for lot)
- Requerimientos fijos del periodo (Fixed Period Requirements)
- Cantidad a ordenar por periodo
- Costo unitario menor (Least Unit Cost)
- Costo total menor (Least Total Cost)
- Balance de medio periodo (Part-Period Balancing)

Aquí se puede colocar la cantidad de inventario inicial o de pedidos que no se han completado (Initial inventory [+] or backorder [-]) y la cantidad de inventario deseado final o de pedidos no completados.

Para las opciones de cantidad fija a ordenar (Fixed Order Quantity) se especifica la cantidad fija y para requerimientos fijos del periodo (Fixed Period Requirement) se especifica el número de periodos fijos.

La solución del problema va a ser analizada con el método heurístico de Silver-Meal.

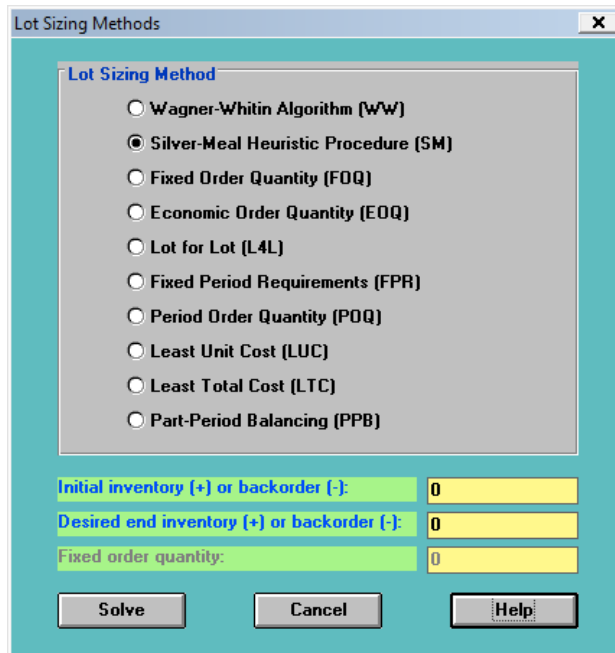


Figura 102. Métodos del tamaño de lote. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems.

Seleccionar el método y pulsar el botón “Solve” para resolver.

En la figura 103, se muestra la tabla con los resultados del problema.

10-08-2012 year	Demand	Production (Lot Size)	Setup	Expected Inventory	Expected Backorder	Cumulative Cost
Initial				0		
1	40.0000	62.0000	Yes	22.0000	0	\$12447.0000
2	22.0000	0	No	0	0	\$12447.0000
3	50.0000	61.0000	Yes	11.0000	0	\$24683.0000
4	11.0000	0	No	0	0	\$24683.0000
5	30.0000	30.0000	Yes	0	0	\$30708.0000
6	30.0000	30.0000	Yes	0	0	\$36733.0000
7	26.0000	58.0000	Yes	32.0000	0	\$48390.0000
8	22.0000	0	No	10.0000	0	\$48400.0000
9	10.0000	0	No	0	0	\$48400.0000
10	22.0000	22.0000	Yes	0	0	\$52825.0000
11	44.0000	44.0000	Yes	0	0	\$61650.0000
12	30.0000	30.0000	Yes	0	0	\$67675.0000
	Solution	Method:	SM		Total Cost =	\$67675.0000

Figura 103. Tabla de resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En el resumen de resultados, se puede observar la demanda, el tamaño de lote de producción, el momento en que se aplicó la regla de detención, el inventario esperado, ordenes en espera, y el costo acumulativo, ella última fila se presenta el método de solución y el costo total.

En el menú resultados (Results) se puede elegir la opción de Graphic Inventory Profile para un análisis gráfico de los resultados. En la figura 104 se puede observar la gráfica de barras Periodo-Cantidad del problema, donde de color azul marino se representa la

demanda, de color verde el tamaño de lote que se necesita y de color azul cielo el inventario existente.

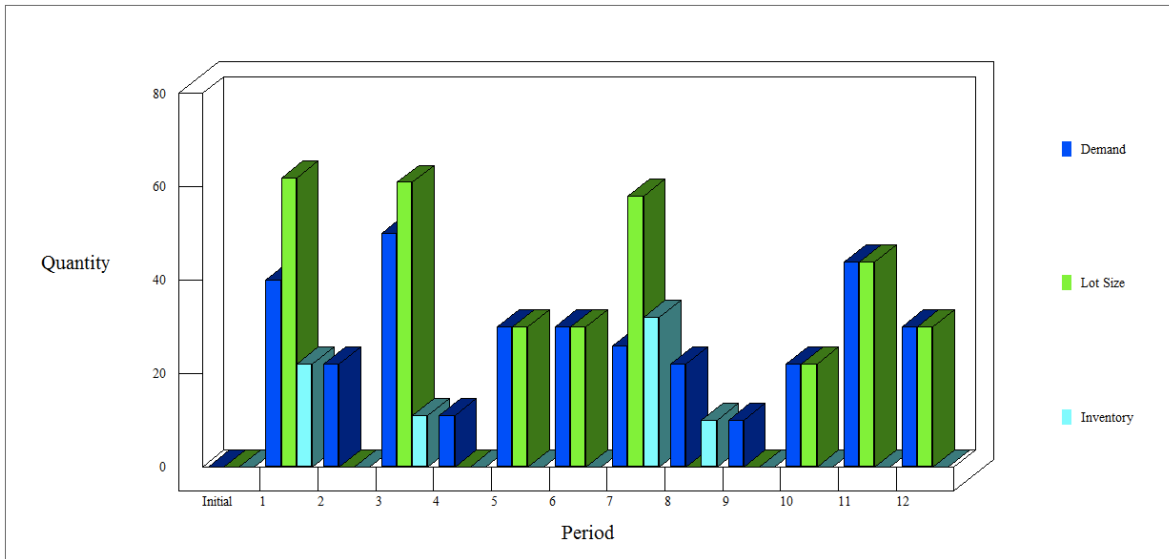


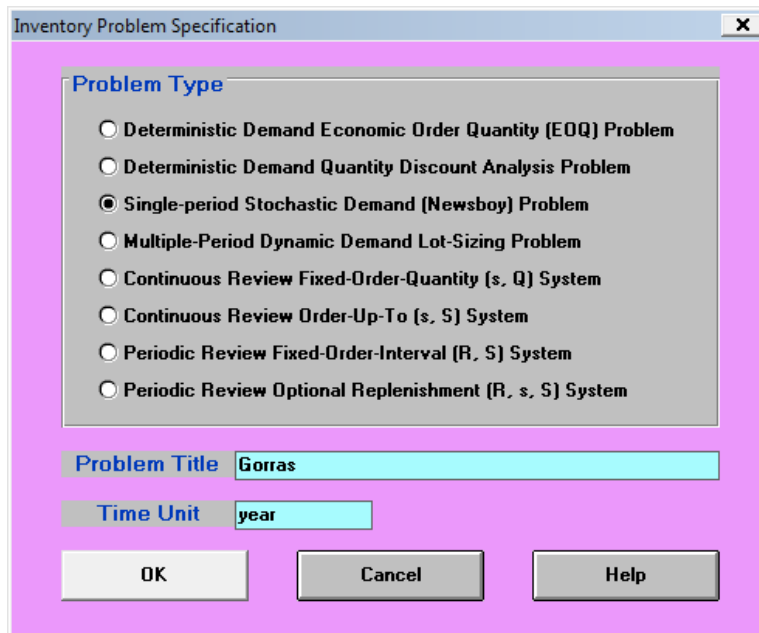
Figura 104. Tabla de resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

2.2.3. Modelos de demanda probabilística.

Mediante el siguiente ejemplo extraído de las notas de clase del M.I. Ricardo Torres Mendoza del semestre 2013-1 se mostrará la manera en la que se deben introducir los datos del modelo en la platilla de WinQSB y la solución del problema relacionado con los modelos de demanda probabilística.

Los estudiantes del último año planean vender gorras de un evento para recaudar fondos. La demanda de las gorras oscila entre 60 y 90. Cada gorra la consiguen en 5 UM y las venderán en 10 UM. Antes del evento las gorras se pueden vender a 4 UM. Si no se tienen las gorras suficientes el único costo será la ganancia perdida.

Se procede a seleccionar el tipo de problema que se quiere resolver, en este caso es un problema de demanda estocástica de un solo periodo (Single-period Stochastic Demand (Newsboy) Problem). Llenar la platilla con la información que se pide y pulsar el botón "OK".



The image shows a dialog box titled "Inventory Problem Specification". It contains a "Problem Type" section with several radio button options. The selected option is "Single-period Stochastic Demand (Newsboy) Problem". Below this, there are input fields for "Problem Title" (containing "Gorras") and "Time Unit" (containing "year"). At the bottom, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Figura 105. Especificaciones del problema de inventario. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la figura 106 se muestra una nueva ventana en la que debe introducir los datos del problema. En la primera columna se tiene una descripción de los datos que se requieren y en la segunda columna es donde se introducen los datos del problema, esta tabla se adecua según el tipo de distribución que se elige.

DATA ITEM	ENTRY
Demand distribution (in year)	Normal
Mean (μ)	
Standard deviation ($\sigma > 0$)	
(Not used)	
Order or setup cost	
Unit acquisition cost	
Unit selling price	
Unit shortage (opportunity) cost	
Unit salvage value	
Initial inventory	
Order quantity if you know	
Desired service level [%] if you know	

Figura 106. Tabla para introducir los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Para introducir la distribución de la demanda, se da doble click en la celda que dice "Normal". Se desplegará una nueva ventana donde se elige el tipo de distribución. Para cada distribución, hay ciertos parámetros que se requieren. El usuario debe de tener conocimiento de las características de cada una de las funciones de distribución.

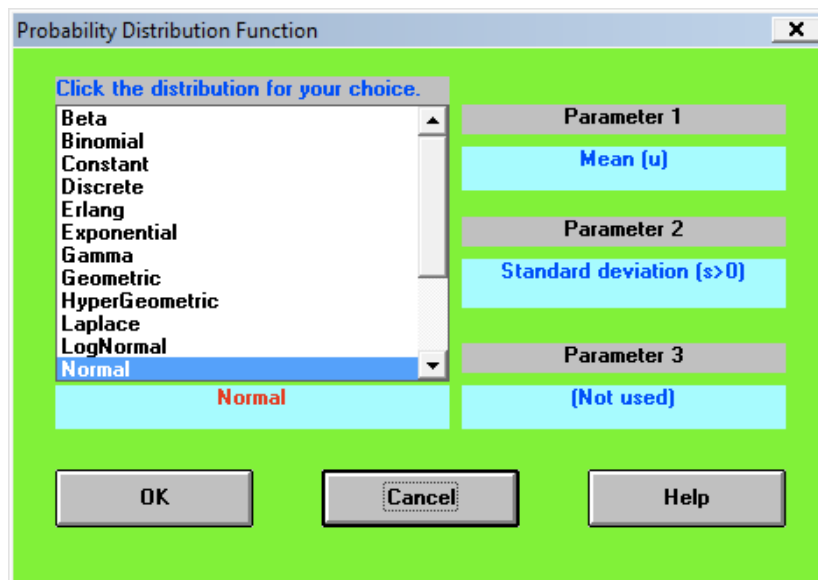


Figura 107. Funciones de distribución de probabilidad. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Para el caso del problema, se tiene una distribución Uniforme, los parámetros que se pedirán en la tabla son el límite inferior (a) y el límite superior (b). Pulsar el botón "OK" y rellenar la tabla como se muestra en la figura 108.

- Distribución de la demanda (Demand distribution)
- Parámetro 1
- Parámetro 2
- Parámetro 3
- Costo de ordenar (Order or setup cost)
- Costo de adquisición por unidad (Unit acquisition cost)

- Precio de venta por unidad (Unit selling price)
- Costo de escasez por unidad (Unit shortage (opportunity) cost)
- Valor de salvamento por unidad (Unit salvage value)
- Inventario inicial (Initial inventory)
- Cantidad a ordenar, si se sabe (Order quantity if you know)
- Nivel de servicio deseado, si se sabe (Desired service level (%) if you know)

DATA ITEM	ENTRY
Demand distribution (in year)	Uniform
Lower limit (a)	60
Upper limit (b)	90
(Not used)	
Order or setup cost	
Unit acquisition cost	5
Unit selling price	10
Unit shortage (opportunity) cost	
Unit salvage value	4
Initial inventory	
Order quantity if you know	
Desired service level (%) if you know	

Figura 108. Tabla con los datos iniciales del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En el menú resolver y analizar (Solve and Analyze) hay dos opciones:

- Resolver el problema (Solve the Problem).
- Realizar análisis paramétrico (Perform Parametric Analysis). Esto permite el análisis de un determinado rango de un parámetro para el EOQ, descuento por volumen o un problema de un solo período, la figura 109 muestra la plantilla del análisis paramétrico.

Incluye:

- Selección de un parámetro: haga clic en un parámetro de la lista.
- Especificación de un rango para el parámetro. Escriba el principio, fin y valores de paso para el parámetro seleccionado. El programa evaluará el problema según estos valores. Tenga en cuenta que el valor inicial no debe ser mayor que el valor final.

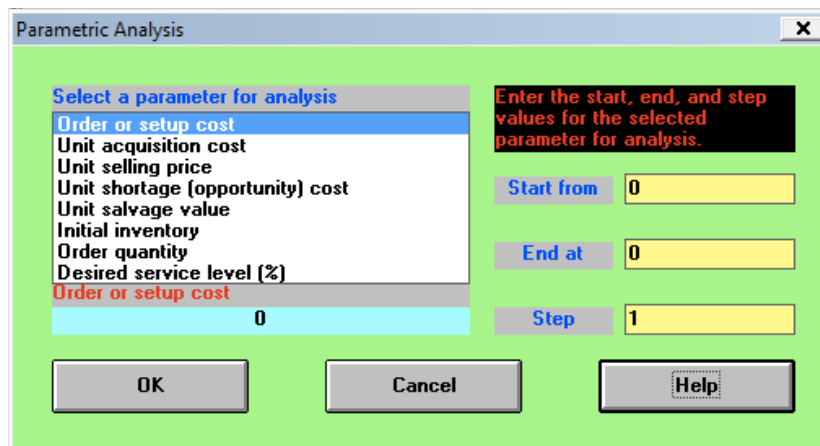


Figura 109. Análisis paramétrico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Seleccionar la opción resolver el problema.

10-08-2012	Input Data or Result	Value
1	Demand distribution (in year)	Uniform
2	Demand mean	75
3	Demand standard deviation	8.6603
4	Order or setup cost	0
5	Unit cost	\$5.0000
6	Unit selling price	\$10.0000
7	Unit shortage (opportunity) cost	0
8	Unit salvage value	\$4.0000
9	Initial inventory	0
10		
11	Optimal order quantity	85
12	Optimal inventory level	85
13	Optimal service level	83.3333%
14	Optimal expected profit	\$362.5000

Figura 110. Tabla de resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la figura 110 se aprecia el resultado a partir de la fila 11. La cantidad óptima por ordenar es de 85 gorras, que al mismo tiempo es nuestro nivel óptimo de inventario. El nivel de servicio óptimo es de 83.33% y se generará una ganancia de 362.5 UM.

2.2.4. Modelo de revisión continua.

Mediante el siguiente ejemplo basado en las notas de clase del M.I. Ricardo Torres Mendoza del semestre 2013-1 se mostrará la manera en la que se deben introducir los datos del modelo en la platilla de WinQSB para la solución del problema de modelo de revisión continua.

El purito almacena puros cubanos que tienen tiempos de entrega variables por la dificultad existente en la importación del producto. El costo de ordenar es de 100 UM, el costo unitario de adquirir el producto es de 50 UM. El costo de mantener en inventario es de 10 UM. El tiempo de entrega se realiza de manera constante cada .2 años. La demanda también es variable y se distribuye normalmente con una media de 1000 puros y desviación estándar de 100 puros. Los clientes por lo general compran 50 puros. Actualmente hay en almacén 400 puros ¿Cuál es el punto de re-orden para un nivel de servicio del 95%?

Seleccionar el tipo de problema que se quiere resolver, en este caso es un problema de revisión continua de la cantidad a ordenar hasta llegar al nivel objetivo (Continuous Review Order-Up-to (s,S) System). Llenar la platilla con la información que se pide y pulsar el botón "OK".

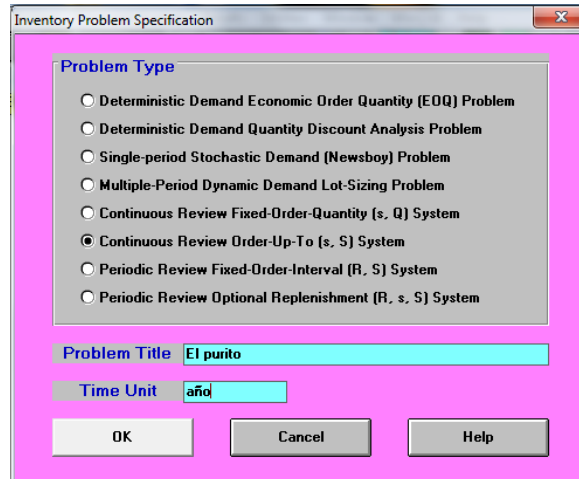


Figura 111. Especificaciones del problema de inventario. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

En la figura 112 se muestra una nueva ventana en la que debe introducir los datos del problema. En la primera columna se tiene una descripción de los datos que se requieren y en la segunda columna es donde se introducen los datos del problema, estos datos se describen a continuación.

DATA ITEM	ENTRY
Demand distribution (in Semana)	Normal
Mean (μ)	
Standard deviation ($\sigma > 0$)	
(Not used)	
Order or setup cost	
Unit acquisition cost	
Unit holding cost per Semana	
Estimated % of shortage will be backordered	100
Unit backorder cost	
Estimated % of shortage will be lost	0
Unit lost-sales cost	M
Fixed cost if shortage occurs	
Lead time distribution (in Semana)	Constant
Constant value	
(Not used)	
(Not used)	
Average customer order size	

Figura 112. Tabla para introducir los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

- Tipo de distribución de la demanda
- Costo de ordenar
- Costo de adquirir una unidad
- Costo de mantener en inventario por la unidad de tiempo elegida
- % estimado de escasez pendiente de entrega
- Costo por unidades pendiente de entrega

- % estimado de perdidas
- Unidad del costo de ventas perdidas
- Costo fijo por escasez
- Distribución del tiempo de espera
- Tamaño promedio de la orden del cliente

Esta tabla es la misma para cualquier modelo de revisión continua. Cambia según la distribución de la demanda o del tiempo de entrega.

Introducir los datos proporcionados en el problema tal como se muestran en la figura 113 para después proceder a la solución del mismo seleccionando Solve the problem del menú Solve and Analyze.

DATA ITEM	ENTRY
Demand distribution (in año)	Normal
Mean (μ)	1000
Standard deviation ($\sigma > 0$)	100
(Not used)	
Order or setup cost	100
Unit acquisition cost	50
Unit holding cost per año	10
Estimated % of shortage will be backordered	
Unit backorder cost	
Estimated % of shortage will be lost	
Unit lost-sales cost	M
Fixed cost if shortage occurs	
Lead time distribution (in año)	Constant
Constant value	0.2
(Not used)	
(Not used)	
Average customer order size	50

Figura 113. Tabla con los datos iniciales del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Se solicitará elegir la opción de solución del problema.

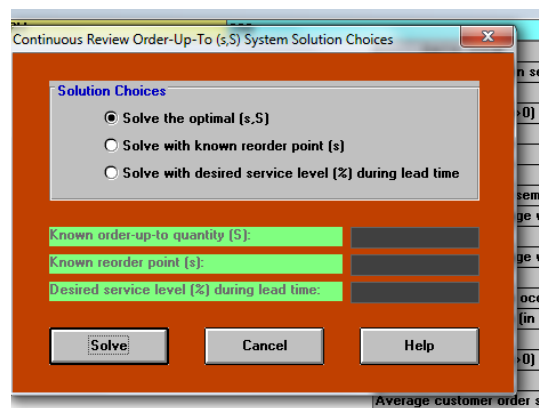


Figura 114. Opciones del sistemas de solución del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Para los sistemas (s,Q), esta plantilla incluye:

- Solve the optimal (s,Q). Resolver con el óptimo, el programa buscará la solución óptima con el costo mínimo.
- Solve with know (s,Q). Si sabe el punto de re-orden (s) y la cantidad de la orden (Q), el programa evaluará el costo asociado.
- Solve with desire service level. Después de introducir el nivel de servicio (%) deseado y/o la cantidad a ordenar, el programa proporcionará el punto de re-orden y evaluará el costo asociado.

Para los sistemas (s,S), esta plantilla incluye:

- Solve the optimal (s,S). Resolver con el óptimo, el programa buscará la solución óptima con el costo mínimo.
- Solve with know (s,S). Si sabe el punto de re-orden (s) y la cantidad a ordenar hasta el nivel objetivo (S), el programa evaluará el costo asociado.
- Solve with desire service level. Después de introducir el nivel de servicio (%) deseado y/o la cantidad a ordenar (S), el programa proporcionará el punto de re-orden y evaluará el costo asociado.

Para los sistemas (R,S), esta plantilla incluye:

- Solve the optimal (R,S). Resolver con el óptimo, el programa buscará la solución óptima con el costo mínimo.
- Solve with know (R,S). Si sabe el intervalo de revisión (R) y la cantidad a ordenar hasta el nivel objetivo (S), el programa evaluará el costo asociado.
- Solve with desire service level. Después de introducir el nivel de servicio (%) deseado y/o el intervalo de revisión (R), el programa proporcionará el punto de re-orden y evaluará el costo asociado.

Para los sistemas (R,s,S), esta plantilla incluye:

- Solve the optimal (R,S). Resolver con el óptimo, el programa buscará la solución óptima con el costo mínimo.
- Solve with know (R). Si sabe el intervalo de revisión (R) el programa resolverá el punto de re-orden (s) y la cantidad a ordenar hasta el nivel objetivo (S) y evaluará el costo relacionado.
- Solve with (R,s,S). Si conoce el intervalo de revisión (R), el punto de re-orden (s) y la cantidad a ordenar hasta el nivel objetivo (S), el programa evaluará el costo asociado.

Se elige la opción de resolver con un nivel de servicio deseado, dado que así lo solicita el problema.

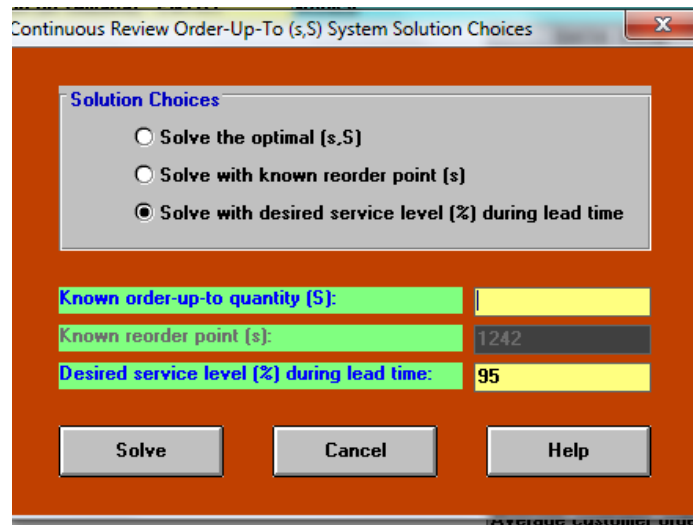


Figura 115. Elección de la solución del problema con un nivel de servicio. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

El programa genera un resumen de los resultados, en el que se observan en las dos columnas de la izquierda, los datos iniciales del problema y las últimas dos columnas muestran los resultados.

06-06-2014	Input Data	Value	Inventory & Cost Analysis (año)	Value
1	Demand distribution	Normal	Reorder point (\$)	298.5666
2	Average demand (año)	1000	Order-up-to quantity (S)	414.9880
3	Std. dev. of demand (año)	100	Average minimum on hand	73.5666
4	Unit acquisition cost	\$50.0000	Average maximum on hand	214.9880
5	Order (setup) cost	\$100.0000	Average on hand inventory	144.2773
6	Unit holding cost per año	\$10.0000	Safety stock	73.5666
7	Estimated % of shortage	0%	Mean shortage during lead time	0.9341
8	Unit backordered cost	0	% of shortage during lead time	4.9984%
9	Estimated % of shortage lost	0%	Total order/setup cost	\$707.1068
10	Unit lost-sales cost	M	Total holding cost	\$1442.7730
11	Fixed shortage cost	0	Total backorder cost	0
12	Lead time distribution	Constant	Total lost-sales cost	0
13	Average lead time (año)	0.2	Total fixed shortage cost	0
14	Std. dev. of lead time (año)	0	Total shortage cost	0
15	Average lead time demand	200	Total inventory relevant cost	\$2149.8800
16	Std. dev. of lead time demand	44.7214	Expected total acquisition cost	\$50000.0000
17	Average customer order size	50		

Figura 116. Resumen de resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

El punto de re-orden (s) se realiza cuando el inventario se encuentra en las 299 unidades, la cantidad a ordenar para llegar al nivel objetivo es de 415 unidades, el programa calcula que se debe de considerar un inventario de seguridad de 74 piezas para que no haya pedidos pendientes de entrega. Se tendrá un 4.98% de escasez durante el tiempo de entrega.

Para visualizar la gráfica del perfil del inventario, seleccionar la opción Graphic Inventory Profile del menú Results.

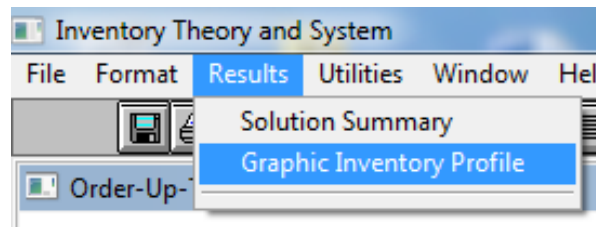


Figura 117. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

Una plantilla para la preparación de la gráfica aparecerá. En ella se solicita:

- El nivel de inventario inicial
- El inventario máximo que se mostrará en el eje Y.
- El inventario mínimo que se mostrará en el eje Y.
- La longitud del tiempo que se mostrará en el eje X.
- Parámetros del sistema.

Las opciones del gráfico afectará su apariencia. Generalmente, será reducir o ampliar el comportamiento de inventario.

Para el problema que se está resolviendo, modificar el valor del nivel de inventario actual así como el número de ciclos por 30, esto para una mejor apreciación de la gráfica.



Figura 118. Opciones del gráfico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

La gráfica aparecerá una vez que se haya oprimido el botón de OK.

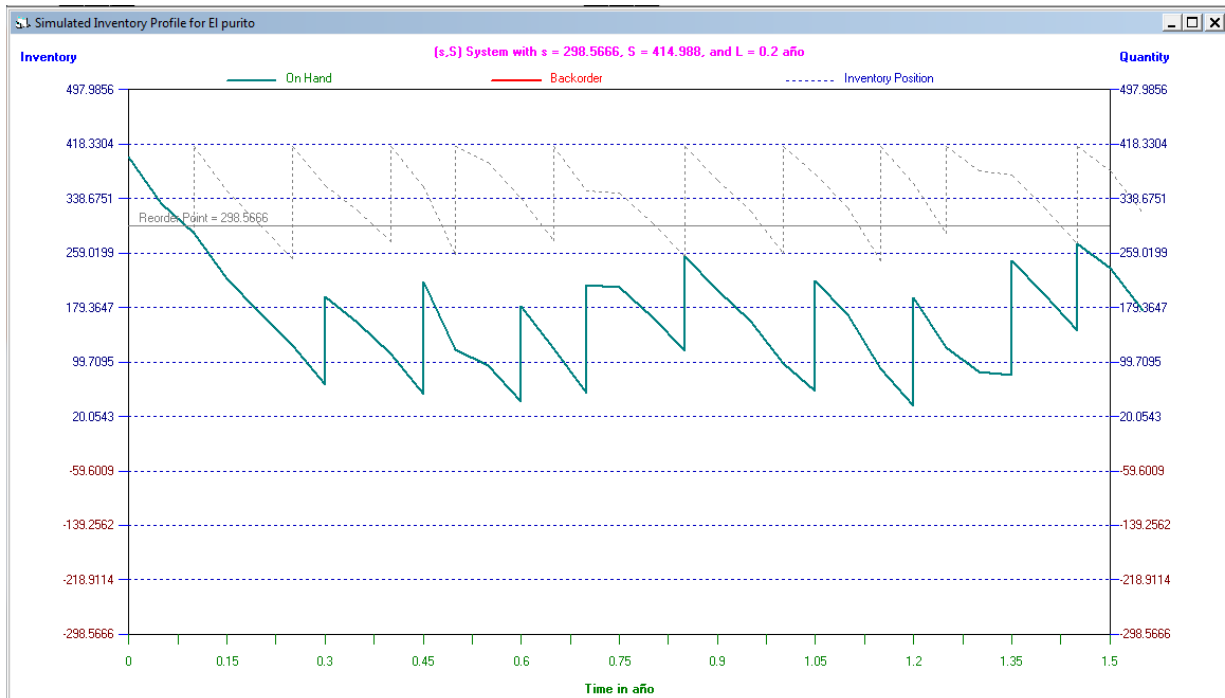


Figura 119. Gráfico del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Inventory Theory and Systems

La gráfica muestra el comportamiento del inventario con respecto al tiempo, de color verde muestra el producto físico, la línea punteada representa la posición del inventario, la línea constante de color gris es el punto de re-orden, si se hubieran tenido pedidos pendientes de entrega, estos serían representados de color rojo.

2.3. Planeación agregada.

El término Planeación agregada, se creó en las empresas para hacer referencia al proceso que ayuda a las compañías a mantener un equilibrio entre la oferta y la demanda. Esta terminología tiene como objetivo captar la importancia del trabajo multifuncional. Por lo tanto, esta actividad comprende la gerencia general, ventas, operaciones, finanzas y desarrollo de productos.

Este módulo resuelve problemas de planeación agregada. La planeación agregada abarca generalmente un periodo de planeación de un año o menos y aborda las cuestiones de los requisitos laborales generales, el inventario y la capacidad de satisfacer la demanda prevista.

Para una mejor explicación del manejo del módulo de Aggregated Planning, se realizará la solución del siguiente problema extraído de las notas de clase del M.I. Ricardo Torres Mendoza del semestre 2013-1.

El gerente de CA, una compañía de muebles, está preparando seis meses de planeación de producción de un artículo de gama alta. La demanda pronosticada para el periodo de 6 meses es la siguiente. 300, 200, 150, 150, 400, 200. Suponga que se laboran 20 días por cada mes. Cada unidad requiere 7 horas por trabajador para producirla, con un costo de mano de obra de \$20.00 por hora. Se tienen normalmente 15 trabajadores en el departamento, y los costos de contratación y capacitación para trabajadores nuevos son de \$100.00 por persona, mientras que los costos de despido de trabajadores son de \$150.00 por persona. El costo de mantener inventario es de \$5.00 por unidad por mes. Los faltantes de unidades tienen asignado un costo de \$25.00. Al inicio se tiene un inventario de 30 unidades y el inventario de seguridad es del 10% de la demanda mensual. Seleccione un plan agregado de producción que satisfaga las necesidades de la empresa de manera óptima.

Para acceder al módulo de Aggregated Planning, es necesario ingresar al menú programas, de acuerdo a la ubicación de WinQSB que se haya elegido y seleccionar el módulo antes mencionado. En seguida aparecerá una nueva ventana como la que se muestra en la figura 120.

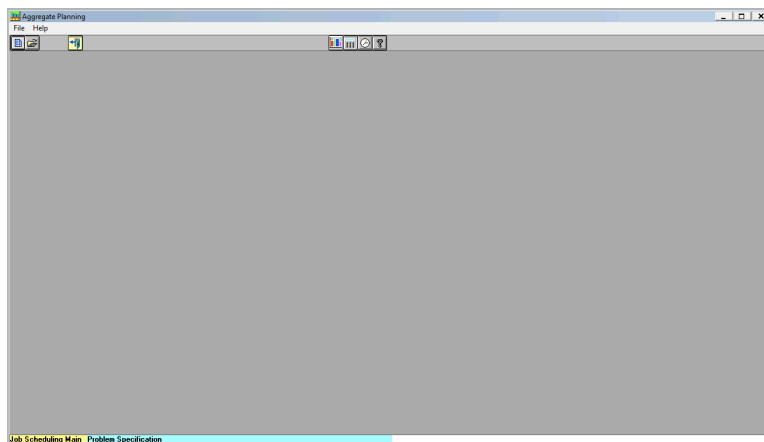


Figura 120. Pantalla inicial del módulo. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning.

Para crear un nuevo problema de planeación agregada, en el menú File seleccionar la opción New Problem.

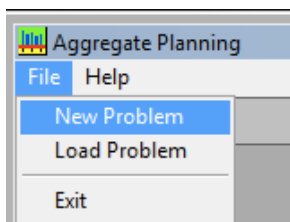


Figura 121. Menú File. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Enseguida aparecerá una plantilla que se debe de llenar con los datos del problema.

Figura 122. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Los datos solicitados en la plantilla mostrada en la figura 122, se describen a continuación:

1. Tipo de problema (Problem Type): El módulo cuenta con tres métodos para la solución de los problemas de planeación agregada:
 - a. Método simple (Simple model): Es el método más simple y más popular para la solución de un problema de planeación agregada. Este método considera costos lineales de producción, subcontratación, ventas perdidas, inventario, costo de ordenar, contratación y despidos, tiempo regular, a tiempo, y/u horas extraordinarias. No se permite tiempo parcial.
 - b. Método de transporte (Transportation Model): En este método, la capacidad es medida en unidades de producto. Las alternativas de suministro permitidas incluyen la producción de tiempo regular, tiempo extra de producción, la producción a tiempo parcial, la subcontratación y las ventas perdidas.
 - c. Método general de programación lineal (General LP Model): El método considera los costos lineales de producción, subcontratación, con pérdida

de ventas, inventario, pedidos pendientes, contratación y despido, tiempo regular, en tiempo, horas extraordinarias, y/o tiempo parcial. Es lo suficientemente general como para cubrir la mayoría de las situaciones de planificación agregada.

2. Basado en el tipo de problema seleccionado, especifique las características del mismo. Marque las opciones (lado derecho superior de la plantilla) que se adecuen a los requerimientos del problema:
 - a. Tiempo parcial permitido, no disponible para el método simple. (PartTime Allowed)
 - b. Tiempo extra permitido (Overtime Allowed)
 - c. Contratación/Despidos permitidos, no disponible para el método de transporte (Hire/Dismissal Allowed)
 - d. Subcontratación permitida (Subcontracting Allowed)
 - e. Permitir reservar pedidos (Backorder Allowed)
 - f. Ventas perdidas permitidas (Lost-sales Allowed)
 3. Título del problema (Problem Title). Introduzca el nombre del problema, que será parte del encabezado para las ventanas posteriores.
 4. Numero de periodos a planear (Number of Planning Periods). Introduzca el número de periodos a planear.
 5. Nombre de los recursos a planificar (Planning Resource Name). Introduzca el nombre de los recursos a planificar. Por default es empleados (Employee).
 6. Unidad de la capacidad de la planificación de los recursos (Capacity Unit of Planning Resources). Introduzca la unidad de la capacidad de la planificación de los recursos. Por default es hora (hour).
 7. Capacidad requerida por producto o servicio (Capacity Requirement per Product/Service). Introduzca la capacidad requerida por producto o servicio. Por ejemplo, si un producto requiere de 3 empleados/hora, introduzca 3.
 8. Numero inicial de recursos planificados (Initial Number of Planning Resource). Introduzca el numero inicial de recursos planificados. Por ejemplo, si una compañía comienza con 1000 empleados, introduzca 1000.
 9. Inventario inicial, ordenes de pedido de un producto o servicio (Initial Inventory (+)/Backorder (-) Product/Service). Inntroduzca con un valor positivo el inventrio inicial, o con un valor negativo las órdenes de pedido planeadas de un producto o servicio. Por default es 0.
- Nota: los puntos del 5 al 8 no son necesarios para el método de transporte.

Para el caso del ejemplo, la plantilla se llena como se muestra en la figura 123.

Figura 123. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Si las especificaciones están completas presionar el botón “OK”. El programa desplegará una nueva ventana con un formato para introducir los datos como en la figura 115.

DATA ITEM	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6
Forecast Demand						
Initial Number of Trabajado	20	20	20	20	20	20
Regular Time Capacity in Hora per Trabajado						
Regular Time Cost per Hora						
Undertime Cost per Hora						
Hiring Cost per Trabajado						
Dismissal Cost per Trabajado						
Initial Inventory (+) or Backorder (-)	150					
Maximum Inventory Allowed	M	M	M	M	M	M
Minimum Ending Inventory (Safety Stock)						
Unit Inventory Holding Cost						
Maximum Subcontracting Allowed (Capacity)						
Unit Subcontracting Cost						
Maximum Backorder Allowed						
Unit Backorder Cost						
Other Unit Production Cost						
Capacity Requirement in Hora per Unit	4	4	4	4	4	4

Figura 124. Datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Se puede observar en la figura 124 que algunas celdas tienen la información introducida previamente, solo queda llenarla por completo con los datos del problema como se muestra en la figura 125.

DATA ITEM	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6
Forecast Demand	300	200	15	150	400	200
Initial Number of Trabajador	15	15	15	15	15	15
Regular Time Capacity in Hora per Trabajador	160	160	160	160	160	160
Regular Time Cost per Hora	20	20	20	20	20	20
Undertime Cost per Hora						
Hiring Cost per Trabajador	100	100	100	100	100	100
Dismissal Cost per Trabajador	150	150	150	150	150	150
Initial Inventory (+) or Backorder (-)	30					
Maximum Inventory Allowed	M	M	M	M	M	M
Minimum Ending Inventory (Safety Stock)	30	20	15	15	40	20
Unit Inventory Holding Cost	5	5	5	5	5	5
Maximum Backorder Allowed						
Unit Backorder Cost	25	25	25	25	25	25
Other Unit Production Cost						
Capacity Requirement in Hora per Unit	7	7	7	7	7	7

Figura 125. Tabla con los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Ya completada la tabla con los datos del problema, seleccionar la opción Solve the Problem del menú Solve and Analyze, para resolver el problema. Figura 126.

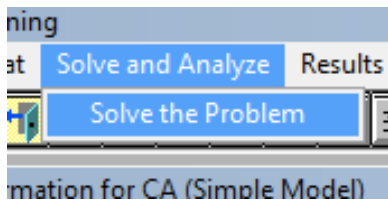


Figura 126. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Saldrá una ventana nueva como la mostrada en la figura 127. Para seleccionar las características de solución del problema, estas se describen a continuación. Para encontrar la solución del problema, se resolverá por tres métodos diferentes: media constante, con una producción promedio de dos periodos y con programación lineal.

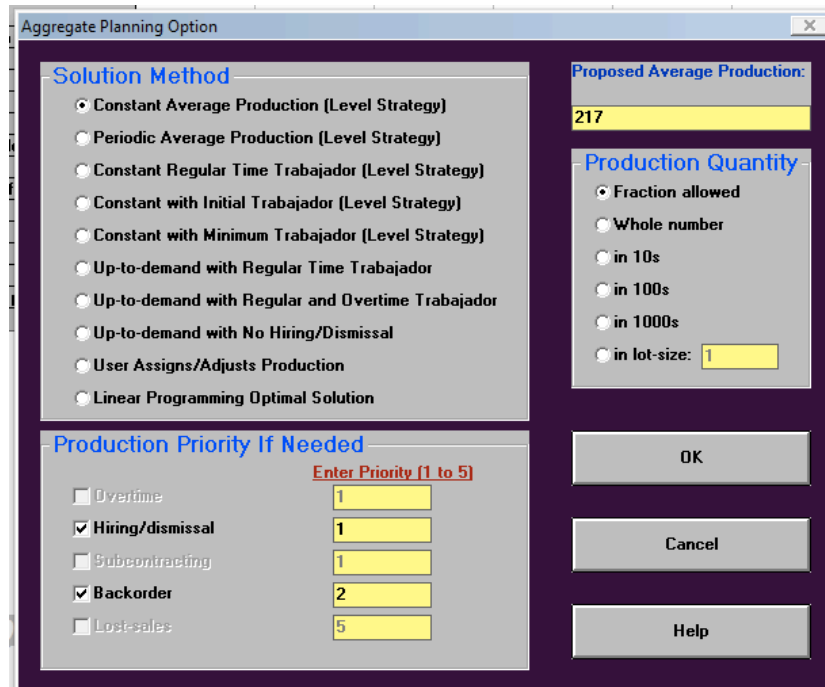


Figura 127. Opciones para la planeación agregada. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

- Método de solución (Solution Method)
 - Producción media constante (Constant Average Production)
 - Producción media periódico (Periodic Average Production)
 - Empleado Constante tiempo ordinario (Constant Regular Time Employee)
 - Constante con el empleado inicial (Constant with Initial Employee)
 - Constante con el número de empleados mínimo (Constant with Minimum Employee)
 - Hasta cumplir la demanda con empleado de tiempo ordinario (Up-to-demand with Regular Time Employee)
 - hasta cumplir la demanda con empleado de tiempo normal y de horas extraordinarias (Up-to-demand with Regular and Overtime Employee)
 - Hasta cubrir la demanda sin contratación / despido (Up-to-demand with No Hiring/Dismissal)
 - Usuario asigna / ajusta la producción (User Assigns/Adjusts Production)
 - Solución de programación lineal óptima (Linear Programming Optimal Solution)
- Prioridades de producción (Production Priority If Needed). Especifique las prioridades de producción para las alternativas posibles incluyendo tiempo extra, contrataciones/despidos, subcontratación, pedidos y ventas perdidas. Introducir los valores para las alternativas seleccionadas. El 1 es la prioridad más alta. Basado en el método anterior solución seleccionada, el programa va a tratar de satisfacer la demanda con la producción regular. Si la demanda (incluida la exigencia de stock de seguridad) no se cumple, el programa tratará con la siguiente alternativa de mayor prioridad. Este proceso se continúa hasta el requisito se satisface o no alternativa adicional está disponible.
- Introduzca los parámetros para el método de solución. Por ejemplo, se puede introducir una cantidad constante de producción para el primer método, la longitud

de la media periódico para el método de segundo, y así sucesivamente. Para cada método, el programa proporciona parámetros por defecto.

- Cantidad de producción (Production Quantity) Especifique la cantidad en fracción, número entero, décimos, centésimos, milésimos o especifique el tamaño de lote. Basado en la elección, el programa reunirá la cantidad de producción en la unidad especificada.

Si las especificaciones están completadas presionar el botón "OK". El programa desplegará una nueva ventana con un resumen del plan de producción, el cual puede contener, dependiendo de las características del problema, la siguiente información: Demanda, Tiempo Completo o Parcial con Producción Regular, Tiempo Completo o Parcial con Producción en Tiempo Extra, Producción Subcontratada, Total de Producción, Ventas Perdidas, Inventario Final, Nuevos Pedidos, Contrataciones por Tiempo Completo o Parcial, Despidos por Tiempo Completo o Parcial, Número de empleados por Tiempo Completo o Parcial, todo esto por periodo. El plan de producción se muestra en la figura 128.

02-23-2013 16:58:28	Demand	Regular Production	Ending Inventory	Ending Backorder	Hiring	Dismissal	Number of Trabajadors
Initial			30.00				15.00
Period 1	300.00	217.00	0.00	53.00	0.00	0.00	15.00
Period 2	200.00	217.00	0.00	36.00	0.00	0.00	15.00
Period 3	15.00	217.00	166.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Period 4	150.00	217.00	233.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Period 5	400.00	217.00	50.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Period 6	200.00	217.00	67.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Total	1,265.00	1,302.00	516.00	89.00	0.00	0.00	

Figura 128. Plan de producción. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Con el ejemplo produciendo 217 piezas cada periodo, se puede observar que 89 piezas se han entregado a destiempo, pero al final la demanda ha sido cubierta en su totalidad, con 67 piezas en inventario.

Para poder ver el Análisis de Costos, se selecciona la opción Show Cost Analysis en el menú Results como la que se muestra en la figura 129.

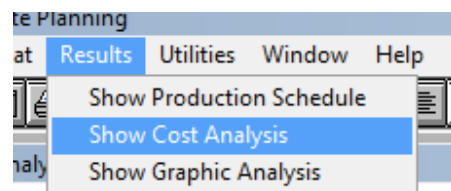


Figura 129. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Seleccionando esta opción, se desplegará una tabla como la que se ve en la figura 130, la cual dependiendo de los requerimiento de nuestro problema puede contener los costos de tiempo completo o parcial en tiempo regular o tiempo extra, de subcontratación, de ventas perdidas, de mantener el inventario, de nuevos pedidos, de contrataciones y despidos por

tiempo completo o parcial, de otros costos de producción, un costo total por periodo y un costo total general, el cual se busca sea el menor.

02-23-2013 17:11:28	Regular Time	Inventory Holding Cost	Backorder Cost	Hiring	Dismissal	TOTAL COST
Period 1	\$30,380	0	\$1,325	0	0	\$31,705
Period 2	\$30,380	0	\$900	0	0	\$31,280
Period 3	\$30,380	\$830	0	0	0	\$31,210
Period 4	\$30,380	\$1,165	0	0	0	\$31,545
Period 5	\$30,380	\$250	0	0	0	\$30,630
Period 6	\$30,380	\$335	0	0	0	\$30,715
Total	\$182,280	\$2,580	\$2,225	0	0	\$187,085

Figura 130. Análisis de costos. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

El costo total por este método es de \$187,085, el cual contiene el costo de tiempo regular, el costo de mantener el inventario y el costo de retraso por cada periodo.

El módulo permite graficar las soluciones de cantidad y costo de ítems, mostrado en varias formas gráficas. Para seleccionar una solución gráfica, seleccione Show Graphic Analysis del menú Results. El menú desplegará una ventana como se muestra en la figura 131.

Suponiendo que CA desea ver la solución gráfica de la producción en tiempo regular (Figura 132), en una gráfica de barras. Seleccionar las opciones correspondientes en el menú y presionar OK.

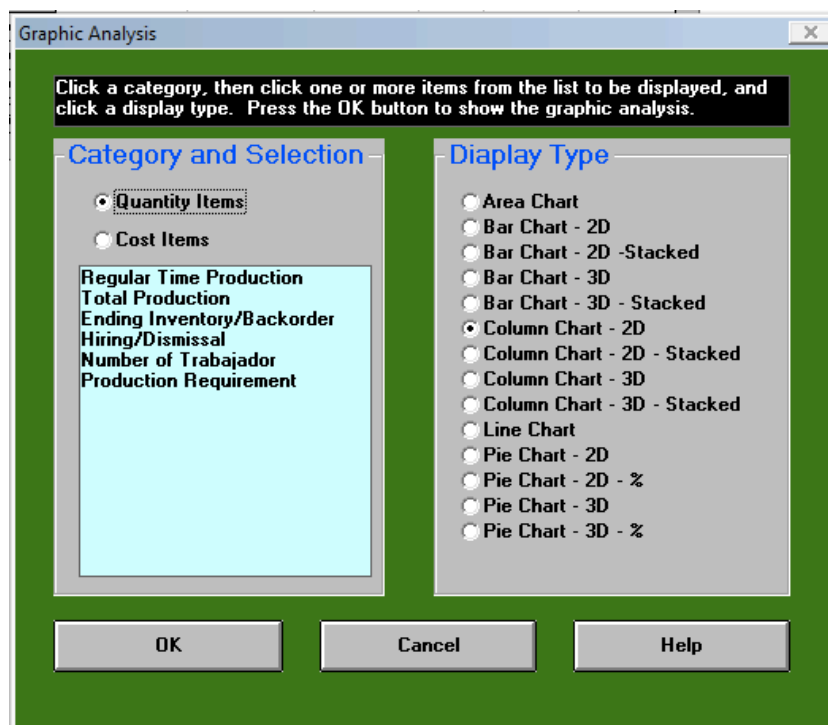


Figura 131. Análisis gráfico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

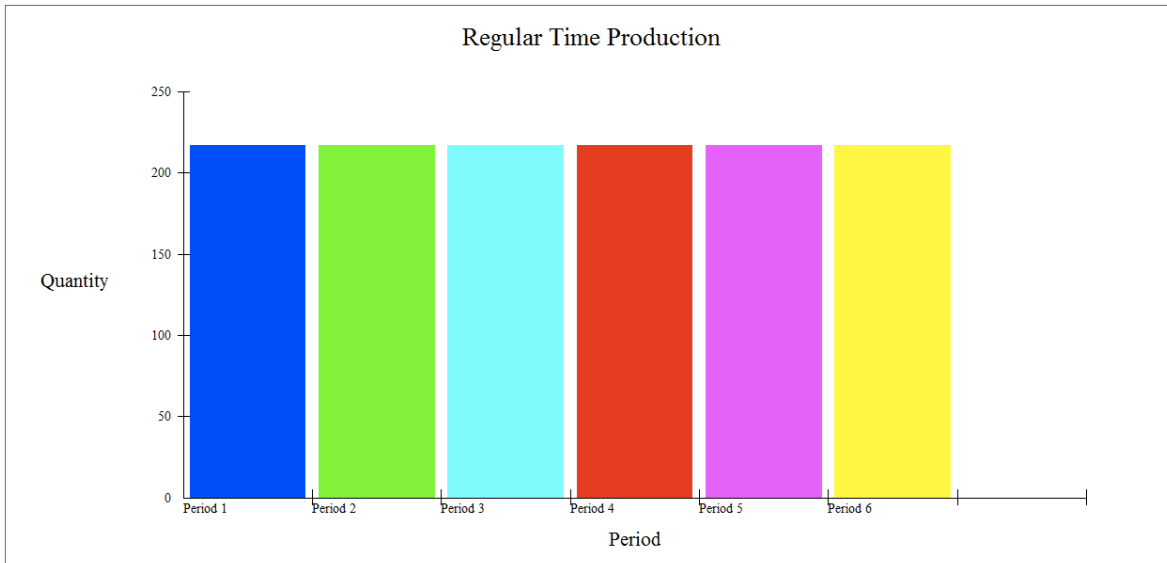


Figura 132. Gráfica de barras Periodo-Cantidad. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

Para este método, la cantidad que se produce en cualquier periodo es constante, por lo cual no se refleja ninguna variación en la gráfica. Los resultados de los otros dos métodos, se muestran a continuación y se pide analizar al lector los resultados.

Producción promedio de dos periodos.

02-23-2013 17:18:42	Demand	Regular Production	Ending Inventory	Ending Backorder	Hiring	Dismissal	Number of Trabajadores
Initial			30.00				15.00
Period 1	300.00	245.00	0.00	25.00	0.00	0.00	15.00
Period 2	200.00	245.00	20.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Period 3	15.00	80.00	85.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Period 4	150.00	80.00	15.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Period 5	400.00	302.50	0.00	82.50	0.00	0.00	15.00
Period 6	200.00	302.50	20.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Total	1,265.00	1,255.00	140.00	107.50	0.00	0.00	

Figura 133. Resumen de resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

02-23-2013 17:18:34	Regular Time	Inventory Holding Cost	Backorder Cost	Hiring	Dismissal	TOTAL COST
Period 1	\$34,300	0	\$625	0	0	\$34,925
Period 2	\$34,300	\$100	0	0	0	\$34,400
Period 3	\$11,200	\$425	0	0	0	\$11,625
Period 4	\$11,200	\$75	0	0	0	\$11,275
Period 5	\$42,350	0	\$2,062.50	0	0	\$44,412.50
Period 6	\$42,350	\$100	0	0	0	\$42,450
Total	\$175,700	\$700	\$2,687.50	0	0	\$179,087.50

Figura 134. Análisis de costos. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

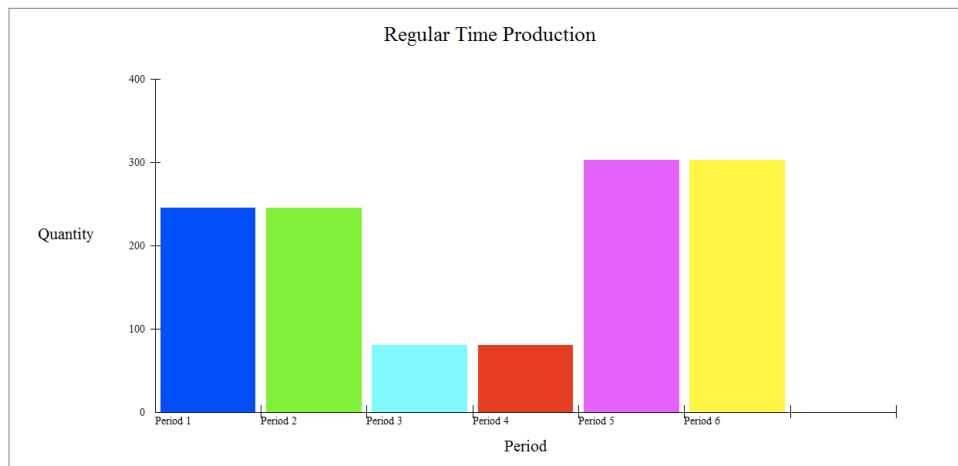


Figura 135. Gráfica de barras. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

En la producción con promedio de dos periodos, se tienen aproximadamente 108 piezas entregadas a destiempo, al finalizar el periodo 6 se tienen 20 piezas en inventario y el costo total es de \$179,087.50. En la gráfica se observa que la cantidad de piezas producidas es igual cada dos periodos.

Programación lineal.

02-23-2013 17:19:07	Demand	Regular Production	Ending Inventory	Ending Backorder	Hiring	Dismissal	Number of Trabajadors
Initial			30.00				15.00
Period 1	300.00	300.00	30.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Period 2	200.00	190.00	20.00	0.00	3.59	0.00	18.59
Period 3	15.00	10.00	15.00	0.00	0.00	0.00	18.59
Period 4	150.00	150.00	15.00	0.00	0.00	0.00	18.59
Period 5	400.00	425.00	40.00	0.00	0.00	0.00	18.59
Period 6	200.00	180.00	20.00	0.00	0.00	0.00	18.59
Total	1,265.00	1,255.00	140.00	0.00	3.59	0.00	

Figura 136. Resumen de resultados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

02-23-2013 17:19:16	Regular Time	Inventory Holding Cost	Backorder Cost	Hiring	Dismissal	TOTAL COST
Period 1	\$42,000.00	\$150	0	0	0	\$42,150.00
Period 2	\$26,600.00	\$100	0	\$359.37	0	\$27,059.38
Period 3	\$1,400.00	\$75	0	0	0	\$1,475.00
Period 4	\$21,000	\$75	0	0	0	\$21,075
Period 5	\$59,500.00	\$200	0	0	0	\$59,700.00
Period 6	\$25,200	\$100	0	0	0	\$25,300
Total	\$175,700	\$700	0	\$359.37	0	\$176,759.38

Figura 137. Análisis de costo. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

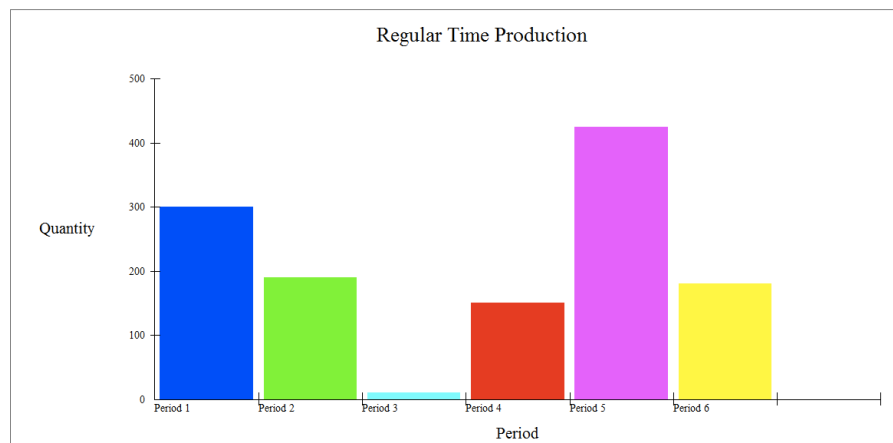


Figura 138. Gráfica de barras. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Aggregated Planning

El método de programación lineal resulta ser la mejor opción, ya que no se tienen pedidos entregados a destiempo, al final del análisis, se tiene un inventario de 20 piezas, a partir del 2º periodo se realizan contrataciones que se mantienen hasta finalizar el análisis. El costo total termina siendo de \$176,759.38, que es menor al costo obtenido de los métodos anteriores. La gráfica tendrá grandes variaciones en cuanto a la producción, ya que este método toma en cuenta todas las variables.

2.4. Planeación de la producción capacidad y materiales.

“La planeación de requerimiento de materiales (MRP) es un método lógico y fácil de entender para abordar el problema de determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir cada pieza final. Un MRP también proporciona un programa para especificar cuándo hay que producir o pedir estos materiales, piezas y componentes.

El MRP se basa en la demanda dependiente, la que es resultado de la demanda de artículos que de nivel superior”. Chase, et al., (2009).

Para este tema, se utiliza el módulo de WinQSB Material Requirement Planning (MRP).

El módulo de MRP, tiene las siguientes funciones:

- Realizar la función de MRP completo con entrada incluida de artículos, lista de materiales (BOM), los registros de inventario y plan maestro de producción (MPS).
- Explotar los requisitos del MPS para obtener los requerimientos netos, órdenes planificadas y el inventario proyectado para las piezas y materiales.
- Mostrar las requisiciones, de un solo nivel y donde se utilizaron los materiales BOM.
- Mostrar gráficamente la estructura del producto.
- Mostrar un informe MRP informe de la pieza del artículo, la clasificación ABC, tipo de fuente o tipo de material.
- Mostrar el análisis de capacidad.
- Mostrar el análisis de costos.

Para explicar el funcionamiento de este módulo, se resolverá el siguiente problema extraído de Chase, et al., (2009).

La empresa Goal, está desarrollando un plan de producción para los siguientes cuatro meses de uno de sus productos. El diagrama de árbol de este producto, se muestra en la figura 139. Y los datos se muestran en la figura 140, donde se observa la clasificación ABC que se otorgó a cada ítem, el código de procedencia, tipo de material, medida por unidad, tiempo de entrega, el tamaño de lote, multiplicador de lote, % de deshecho, demanda anual, costo unitario, costo de la instalación, costo anual de mantener en inventario.

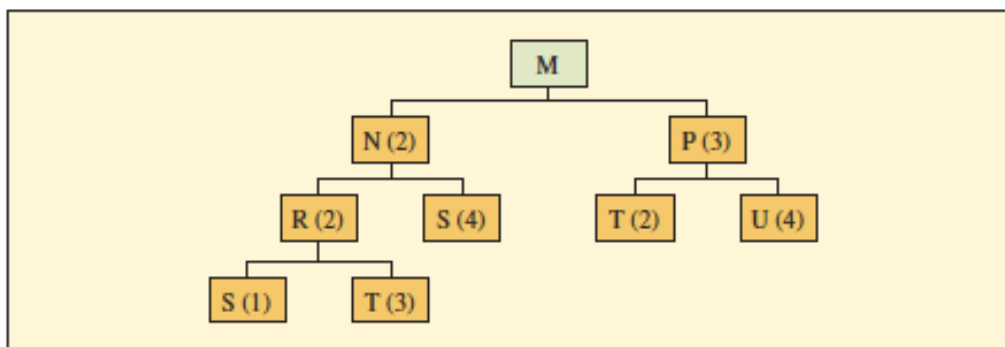


Figura 139. Diagrama de árbol del problema. Fuente: Chase, R., Jacobs, F., Aquilano, N., (2009)

Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time	Lot Size	LS Multiplier	Scrap %	Annual Demand	Unit Cost	Setup Cost	Holding Annual Cost
M	A	FAB	PT	Each	2	LFL			5000	400	80	25
N	B	FAB	ENS	Each	1	LFL				60	30	25
P	B	FAB	ENS	Each	1	LFL				50	5	10
R	C	FAB	COMP	Each	1	PPB				20	10	30
S	C	COMP	PIEZA	Each	2	EOQ				25	30	5
T	C	COMP	PIEZA	Each	2	EOQ				25	30	5
U	C	FAB	COMP	Each	1	PPB				30	40	5

Figura 140. Datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Para generar este problema de planificación de la producción, debe de abrir el módulo de Material Requirements Planning de acuerdo a la ubicación de WinQSB que haya seleccionado. En la figura 141 se tiene las opciones del menú file de la cual se debe seleccionar la opción New Problem, para generar un nuevo problema.

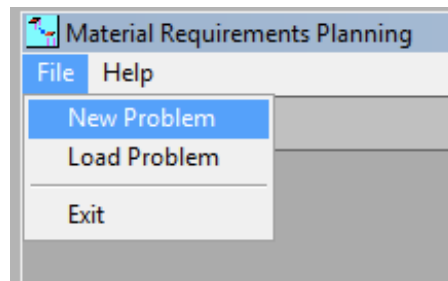


Figura 141. Menú File. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

De manera automática una ventana como la que se muestra en la figura 142, donde se requiere introducir las especificaciones del problema, las cuales se describen a continuación.

MRP Specification X

Problem Title:

Number of Product and Part Items:

Time Unit of Planning Period:

Number of Planning Periods:

Number of Periods per Year:

Maximum Number of Direct Components per Parent Item (BOM or Product Structure Span):

Figura 142. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

- Título del problema (Problem title). Este aparecerá en los encabezados de las siguientes ventanas.
- Introducir el número de productos y partes para el problema de MRP.
- Introducir la unidad de tiempo utilizada en el periodo a planear. Por default es mes (Month).
- Introducir el número de periodos a planear.
- Introducir el número de periodos planificados por año. Este dato se utilizará para la programación del tamaño de lote y en lo relativo a los costos de inventario.
- Introducir el máximo número de componentes directos por cada producto principal. Esto limita cuantos componentes se pueden introducir por cada producto o subensamble.

Para los datos del ejemplo, el llenado de las especificaciones se muestran en la figura 143.

Una vez completadas las especificaciones, presionar el botón "OK". Y el programa desplegará un formato para introducir los datos para el programa maestro.

Figura 143. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning.

No	Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time	Lot Size	LS Multiplier	Scrap %	Annual Demand	Unit Cost	Setup Cost	Holding Annual Cost	Shortage Annual Cost	Item Description	Other Note
1	Item 1				Each									M		
2	Item 2				Each									M		
3	Item 3				Each									M		
4	Item 4				Each									M		
5	Item 5				Each									M		
6	Item 6				Each									M		
7	Item 7				Each									M		

Figura 144. Tabla para introducir los datos del programa maestro. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

En la figura 144 se pide introducir los siguientes datos.

- Item ID. Número de parte, que será utilizado para identificar un producto o una parte.
- Item Description. Descripción del producto, una descripción significativa del producto.
- ABC Class. Clasificación ABC del producto o parte.
- Source Code. Código para especificar la procedencia del producto o parte.
- Material Type. Tipo de material, para especificar el tipo de producto o parte.
- Unit Measure. Unidad de pedido para un producto o parte.
- Lead Time. Tiempo de entrega en periodos planificados para un producto o parte.
- Lot Size. Ya sea un código del tamaño de lote o para la cantidad de tamaño de lote.
- LS Multiplier. Multiplicador para los métodos de tamaño de lote.
- Scrap %. % de desechos.
- Annual Demand. Demanda anual.
- Unit Cost. Costo unitario.
- Setup Cost. Costo de ordenar o costo de instalación.
- Holding Annual Cost. Costo anual de mantener en inventario.
- Shortage Annual Cost. Costo anual por escasez.

Escribir cada uno de los datos del problema en la casilla correspondiente tal como se muestra en la figura 145.

No	Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time	Lot Size	LS Multiplier	Scrap %	Annual Demand	Unit Cost	Setup Cost	Holding Annual Cost	Shortage Annual Cost	Item Description	Other Note
1	M	A	FAB	PT	Each	2	LFL			5000	400	80	25	M		
2	N	B	FAB	ENS	Each	1	LFL				60	30	25	M		
3	P	B	FAB	ENS	Each	1	LFL				50	5	10	M		
4	R	C	FAB	COMP	Each	1	PPB				20	10	30	M		
5	S	C	COMP	PIEZA	Each	2	EOQ				25	30	5	M		
6	T	C	COMP	PIEZA	Each	2	EOQ				25	30	5	M		
7	U	C	FAB	COMP	Each	1	PPB				30	40	5	M		

Figura 145. Datos para el plan maestro. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Al terminar, se debe seleccionar la opción BOM (Bill of Material) del menú View, mostrado en la figura 146, para añadir la lista de materiales.

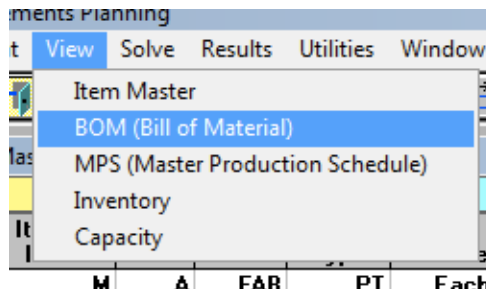


Figura 146. Menú View. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Al seleccionar esta opción, se desplegará una plantilla como la mostrada en la figura 147 para introducir la lista de materiales, recuerde que esta lista, representa la relación de las partes con la estructura del producto.

Item ID	Component ID/Usage	Component ID/Usage
M		
N		
P		
R		
S		
T		
U		

Figura 147. Plantilla para la lista de materiales. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Se debe introducir por cada producto o parte, el ID de la parte inmediata anterior y la cantidad de unidades utilizadas, usando el siguiente formato "Item ID/Cantidad". La cantidad puede ser omitida ya que por *default* el programa pone 1 pieza. En la figura 148 se muestra la plantilla con la información del problema.

Item ID	Component ID/Usage	Component ID/Usage
M	N/2	P/3
N	R/2	S/4
P	T/2	U/4
R	S/1	T/3
S		
T		
U		

Figura 148. Lista de materiales. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Después de haber llenado la plantilla BOM, seleccionar la opción MPS (Master Production Schedule) del menú View, dicha opción desplegará una nueva tabla como la mostrada en la figura 150, en la cual se deberán de introducir los datos que se refieren al programa maestro de producción, que son los requerimientos por cada periodo de cada producto o parte.

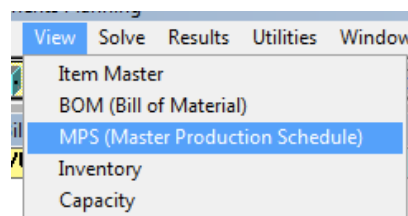


Figura 149. Menú View. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Item ID	Overdue Requirement	MES 1 Requirement	MES 2 Requirement	MES 3 Requirement	MES 4 Requirement
M					
N					
P					
R					
S					
T					
U					

Figura 150. Tabla para los datos del programa maestro de producción. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Para el caso del ejemplo, en la figura 151 se encuentran las demandas mensuales del producto terminado.

Item ID	Overdue Requirement	MES 1 Requirement	MES 2 Requirement	MES 3 Requirement	MES 4 Requirement
M		500	700	200	400
N					
P					
R					
S					
T					
U					

Figura 151. Tabla con los datos del programa maestro de producción. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Al finalizar, seleccionar la opción Inventory del menú View tal como en la figura 152, para introducir datos como el inventario de seguridad, inventario que se tiene a la mano, recepción planificada vencida y la recepción por cada uno de los periodos.

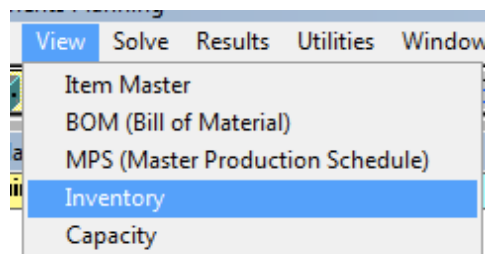


Figura 152. Menú View. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Item ID	Safety Stock	On Hand Inventory	Overdue Planned Receipt	MES 1 Planned Receipt	MES 2 Planned Receipt	MES 3 Planned Receipt	MES 4 Planned Receipt
M							
N							
P							
R							
S							
T							
U							

Figura 153. Plantilla para el inventario. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Para el ejemplo, se tiene 50 productos terminados, 20 del ensamble N, 600 piezas S y 300 de la pieza T.

Item ID	Safety Stock	On Hand Inventory	Overdue Planned Receipt	MES 1 Planned Receipt	MES 2 Planned Receipt	MES 3 Planned Receipt	MES 4 Planned Receipt
M		50					
N		20					
P							
R							
S		600					
T		300					
U							

Figura 154. Tabla con el inventario del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Se selecciona la opción Show Product Structure in Graph del menú View tal como en la figura 154, para poder ver el diagrama de árbol del producto mostrado en la figura 155.

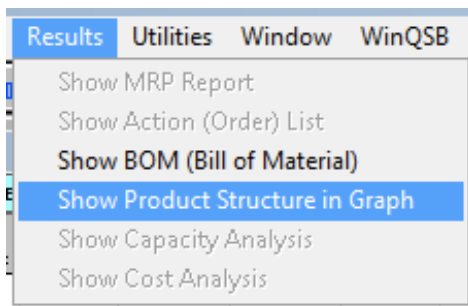


Figura 155. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Se desplegará un menú como el de la figura 156 donde deberá seleccionar el diagrama del producto que se desee analizar, para la selección de la estructura del producto, se elige un ítem y una de las tres estructuras:

- Multi-nivel
- Single-level
- Where-used

Se puede seleccionar las opciones de mostrar el tiempo de entrega (Show Lead Time) y el uso (Show Usage), al finalizar pulsar el botón "OK".

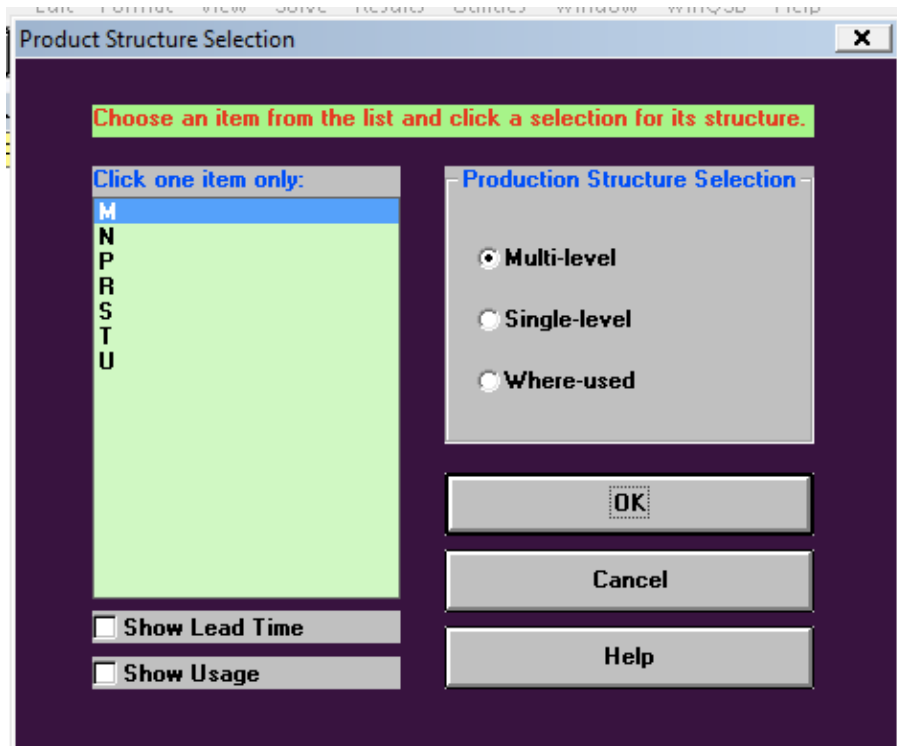


Figura 156. Selección de la estructura del producto. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning.

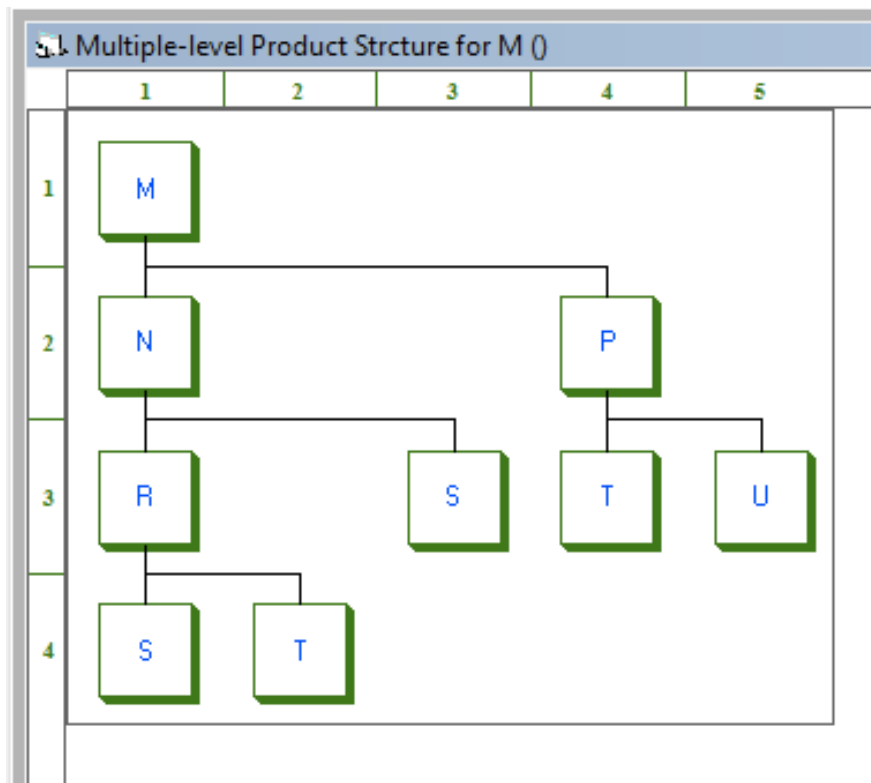


Figura 157. Diagrama de árbol. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Ahora, para resolver el problema de planeación de producción de la empresa GOAL, en la barra de herramientas se tiene que seleccionar la opción Explode Material Requirement del menú Solve como en la figura 158 para obtener la solución y el análisis.

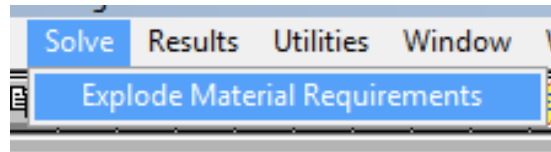


Figura 158. Menú Solve. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

En la figura 159 se despliega un menú donde se puede seleccionar cinco opciones para el reporte: Ítem ID, ABC Class, Source Code, Material Type o BOM level. Después seleccionar los ítems de los cuales se quiere ver los resultados. Presionar el botón "OK".

Para obtener el análisis de cada fase para todos los productos (Figura 160-162) seleccionar Ítem ID y @[All Ítems].

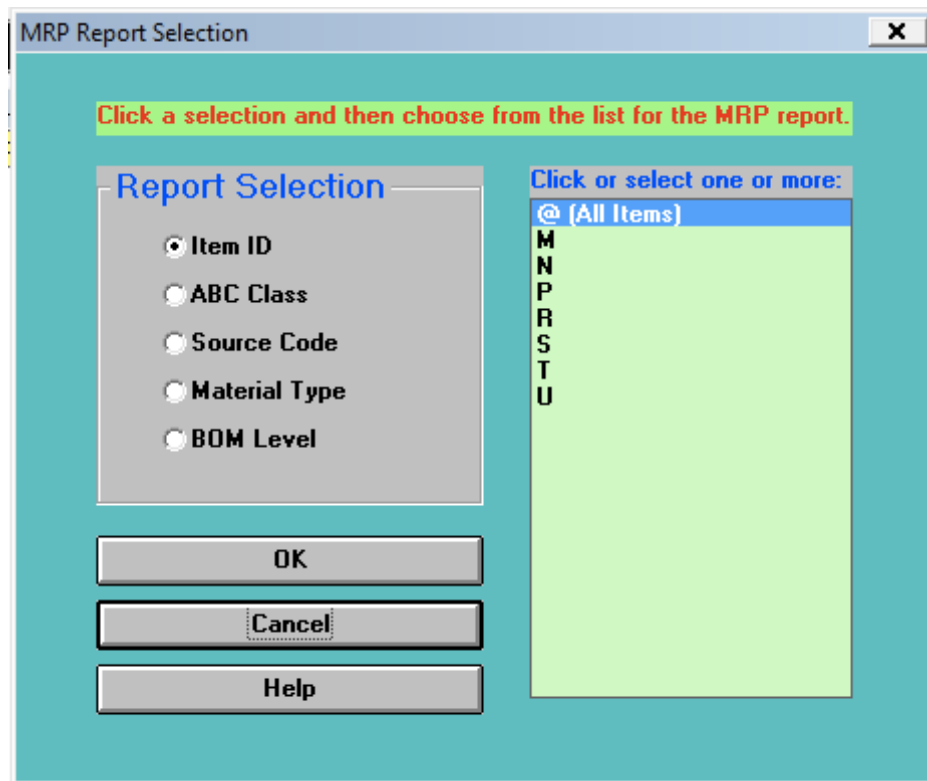


Figura 159. Selección de reporte MRP. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

02-24-2013	Overdue	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	Total	▲
Item: M		LT = 2	SS = 0	LS = LFL	UM = Each	ABC = A	
Gross Requirement	0	500	700	200	400	1,800	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	
Projected On Hand	50	0	0	0	0		
Projected Net Requirement	0	450	700	200	400	1,750	
Planned Order Receipt	0	450	700	200	400	1,750	
Planned Order Release	1,150	200	400	0	0	1,750	
Item: N		LT = 1	SS = 0	LS = LFL	UM = Each	ABC = B	
Gross Requirement	2,300	400	800	0	0	3,500	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	
Projected On Hand	0	0	0	0	0		
Projected Net Requirement	2,280	400	800	0	0	3,480	
Planned Order Receipt	2,280	400	800	0	0	3,480	
Planned Order Release	2,680	800	0	0	0	3,480	
Item: P		LT = 1	SS = 0	LS = LFL	UM = Each	ABC = B	
Gross Requirement	3,450	600	1,200	0	0	5,250	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	
Projected On Hand	0	0	0	0	0		
Projected Net Requirement	3,450	600	1,200	0	0	5,250	
Planned Order Receipt	3,450	600	1,200	0	0	5,250	
Planned Order Release	4,050	1,200	0	0	0	5,250	

Figura 160. Reporte de los ítems M, N y P. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Item: R		LT = 1	SS = 0	LS = PPB	UM = Each	ABC = C	
Gross Requirement	5,360	1,600	0	0	0	6,960	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	
Projected On Hand	0	0	0	0	0		
Projected Net Requirement	5,360	1,600	0	0	0	6,960	
Planned Order Receipt	5,360	1,600	0	0	0	6,960	
Planned Order Release	6,960	0	0	0	0	6,960	
Item: S		LT = 2	SS = 0	LS = EOQ	UM = Each	ABC = C	
Gross Requirement	17,680	3,200	0	0	0	20,880	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	
Projected On Hand	0	0	0	0	0		
Projected Net Requirement	17,080	3,200	0	0	0	20,280	
Planned Order Receipt	17,080	3,200	0	0	0	20,280	
Planned Order Release	20,280	0	0	0	0	20,280	
Item: T		LT = 2	SS = 0	LS = EOQ	UM = Each	ABC = C	
Gross Requirement	28,980	2,400	0	0	0	31,380	
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	
Projected On Hand	0	0	0	0	0		
Projected Net Requirement	28,680	2,400	0	0	0	31,080	
Planned Order Receipt	28,680	2,400	0	0	0	31,080	
Planned Order Release	31,080	0	0	0	0	31,080	

Figura 161. Reporte de los ítems R, S y T. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Item: U		LT = 1	SS = 0	LS = PPB	UM = Each	ABC = C
Gross Requirement	16,200	4,800	0	0	0	21,000
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0	0	0	0	
Projected Net Requirement	16,200	4,800	0	0	0	21,000
Planned Order Receipt	16,200	4,800	0	0	0	21,000
Planned Order Release	21,000	0	0	0	0	21,000

Figura 162. Reporte del ítem U. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Para ver la lista de acción se tiene que seleccionar Show Action (Order) List del menú Results tal como en la figura 163.

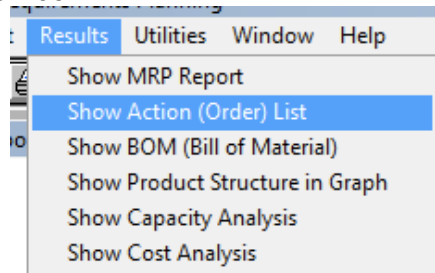


Figura 163. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

La lista muestra las acciones planeadas a ordenar para periodos de tiempo especificados. Por ejemplo, hay 1,150 piezas terminadas atrasadas, para el mes 1 habrán 200, para el mes 2 habrán 400 pero para los meses 3 y 4 no habrá atrasos y en total serán 1,750 piezas terminadas y entregadas.

02-24-2013	Item ID	Overdue	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	Total
1	M	1,150	200	400	0	0	1,750
2	N	2,680	800	0	0	0	3,480
3	P	4,050	1,200	0	0	0	5,250
4	R	6,960	0	0	0	0	6,960
5	S	20,280	0	0	0	0	20,280
6	T	31,080	0	0	0	0	31,080
7	U	21,000	0	0	0	0	21,000

Figura 164. Lista de acciones. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

Para analizar la capacidad, seleccionar la opción Show Capacity Analysis del menú Results.

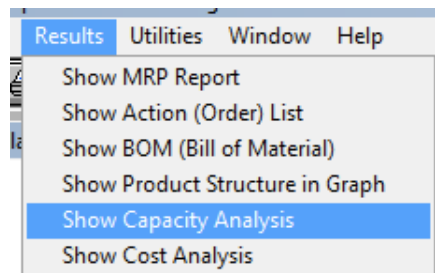


Figura 165. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

02-24-2013	Item ID	Overdue Requirement	MES 1 R/C/%	MES 2 R/C/%	MES 3 R/C/%	MES 4 R/C/%	Total R/C/%
1	M	0	450/M/0.00%	700/M/0.00%	200/M/0.00%	400/M/0.00%	1,750/M/0.00%
2	N	2,280	400/M/0.00%	800/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	3,480/M/0.00%
3	P	3,450	600/M/0.00%	1,200/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	5,250/M/0.00%
4	R	5,360	1,600/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	6,960/M/0.00%
5	S	17,080	3,200/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	20,280/M/0.00%
6	T	28,680	2,400/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	31,080/M/0.00%
7	U	16,200	4,800/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	0/M/0.00%	21,000/M/0.00%

Figura 166. Análisis de la capacidad. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

En el análisis de capacidad, se observan los atrasos de cada ítem, los requerimientos por mes/Capacidad/Porcentaje.

Y por último se realiza el análisis de costo, para esto hay que seleccionar la opción Show Cost Analysis del menú Results.

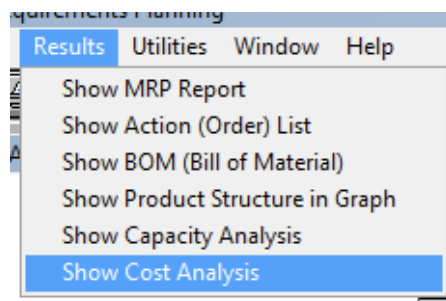


Figura 167. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

El análisis de costo mostrado en la figura 168 contiene el costo total de ordenar, el costo total de esperar, el costo total de escasez, el costo total unitario y el costo total de cada ítem.

02-24-2013	Item ID	Total Setup/Ordering Cost	Total Holding Cost	Total Shortage Cost	Total Unit Cost	Overall Cost
1	M	240	104.17	0	700,000	700,344.19
2	N	60	0	0	208,800	208,860
3	P	10	0	0	262,500	262,510
4	R	10	0	0	139,200	139,210
5	S	30	0	0	507,000	507,030
6	T	30	0	0	777,000	777,030
7	U	40	0	0	630,000	630,040

Figura 168. Análisis de costo. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Material Requirement Planning

2.5. Programación de Operaciones.

“Los objetivos de la programación de operaciones del centro de trabajo son 1) cumplir los plazos, 2) minimizar el tiempo de demora, 3) minimizar tiempos o costos de preparación, 4) minimizar el inventario de los trabajadores sin terminar, y 5) maximizar el aprovechamiento de máquinas y trabajadores. No es probable, y muchas veces es indeseable, cumplir simultáneamente todos estos objetivos. El punto importante, como en el caso de otras actividades de producción, es mantener una perspectiva de sistemas para asegurarse de que los objetivos del centro de trabajo están sincronizadas con la estrategia de operaciones en la organización.” Chase, et all., (2009).

El módulo para la solución de problemas de programación de operaciones es el de Job Sheduling. Este módulo brinda opciones de varios métodos heurísticos para resolver los problemas de programación.

Cuenta con quince reglas de secuenciación para problemas de talleres de trabajo y siete reglas para problemas de flujo de tienda.

Seleccionar Job Sheduling del menú de WinQSB y elegir la opción de New Problem en el menú File.

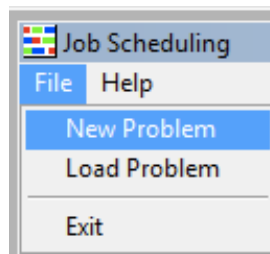


Figura 169. Menú File. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Se desplegará una ventana para introducir las especificaciones del problema la cual se muestra en la figura 170.

Figura 170. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

- Introducir el título del problema, que aparecerá en los encabezados de las siguientes ventanas.
- Introducir el número de trabajos a programar.
- Introducir el número de máquinas o trabajadores que realizan las operaciones.
- Introducir el máximo número de operaciones por trabajo. Cada trabajo puede tener un número diferente de operaciones. Introducir el máximo número.
- Introducir la unidad de tiempo para el problema de programación. Por default el programa pone minutos.
- Seleccione la casilla “All Jobs have the same machine sequence” (Todos los trabajos tienen la misma secuencia de la máquina) si el problema es de programación del flujo de tienda.

2.5.1. Flujo de tienda.

En este tipo de problemas, se tienen n trabajos en espera de ser procesados en m máquinas. Todos los trabajos tienen la misma rutina. Una solución factible consiste en trabajos que están programados en cada máquina, sin violar las capacidades de la máquina.

Para una mejor explicación del manejo del módulo de Job Scheduling, se realizará la solución del siguiente problema de Desai, (2003), relacionado con el flujo de tienda

Se tiene una tienda con 4 tornos para la fabricación de una pieza. En la actualidad hay cuatro puestos de trabajo a ser programados. Los datos se presentan a continuación.

Trabajo	Tiempo Operación 1	Tiempo Operación 2	Tiempo Operación 3	Tiempo Operación 4	Fecha de vencimiento	Carga	Índice de prioridad
A	5	3	7	2	10	1	1
B	4	5	7	3	12	1	1
C	1	4	6	7	11	1	1
D	8	3	4	2	14	1	1

Tabla 5. Datos para el problema del flujo de tienda. Fuente: Desai, K., (2003)

Llenar la plantilla de especificaciones del problema como lo muestra la figura 171. Al finalizar pulsar el botón “OK”, para que se genere la plantilla donde se deberán introducir los datos, dicha tabla está en la figura 1672.

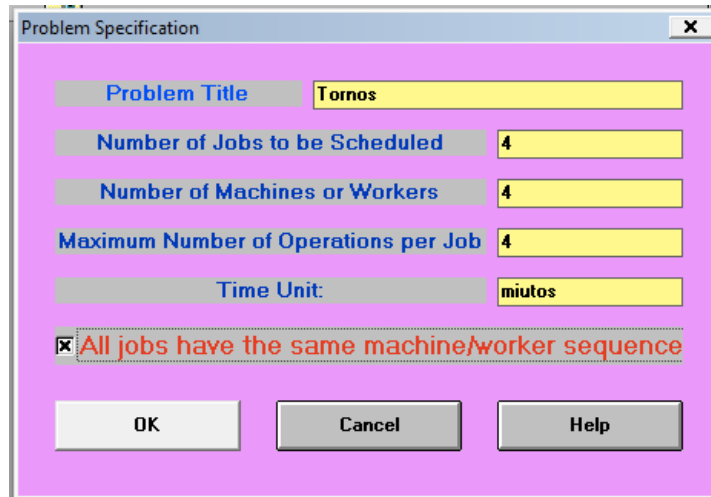


Figura 171. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Job Number	Job Name	Operation 1	Operation 2	Operation 3	Operation 4	Ready Time	Due Date	Weight	Priority Index	Idle Cost per minutos	Busy Cost per minutos	Late Cost per minutos	Early Cost per minutos
1	Job 1							1	1				
2	Job 2							1	1				
3	Job 3							1	1				
4	Job 4							1	1				

Figura 172. Tabla para los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Se debe de introducir los datos del problema. En las casillas de operaciones hay que utilizar el formato “Tiempo de operación/Número de máquina” tal como se puede observar en la figura 173.

Job Number	Job Name	Operation 1	Operation 2	Operation 3	Operation 4	Ready Time	Due Date	Weight	Priority Index	Idle Cost per minutos	Busy Cost per minutos	Late Cost per minutos	Early Cost per minutos
1	A	5/1	3/2	7/3	2/4		10	1	1	2	5	10	1
2	B	4/1	5/2	7/3	3/4		12	1	1	3	6	10	1
3	C	1/1	4/2	6/3	7/4		11	1	1	1	8	10	2
4	D	8/1	3/2	4/3	2/4		14	1	1	3	5	10	2

Figura 173. Tabla con los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

El siguiente paso es resolver el problema, para eso hay que seleccionar Solve the Problem del menú Solve and Analyze como en la figura 174.

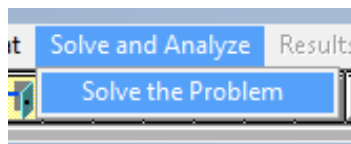


Figura 174. Menú Solve and Analyze. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Se abre una nueva ventana como la que se ve en la figura 175 donde hay que seguir los siguientes pasos:

- Escoger un método de solución: uno de los 7 métodos heurísticos, todos los heurísticos, generación aleatoria o enumeración completa.
- Especificar el criterio de rendimiento para obtener la mejor solución.
- Si se selecciona la generación aleatoria, introducir el número de operaciones a generar, así como un número aleatorio si es necesario y especificar el criterio de rendimiento para obtener la mejor solución.

- Si las especificaciones han sido seleccionadas, presionar el botón “OK” para resolver el problema. El programa despliega la programación después de ser resuelto.

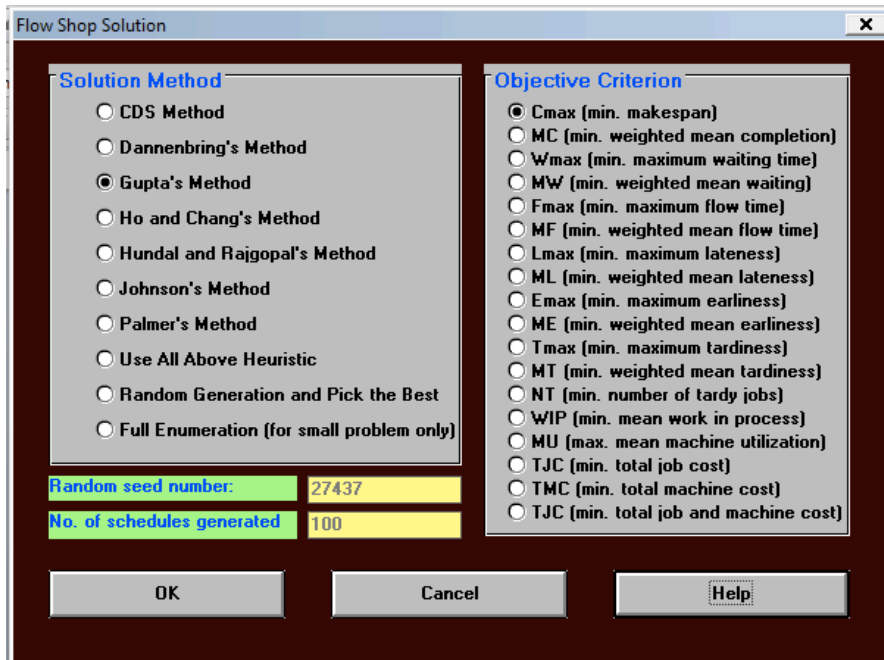


Figura 175. Solución para el flujo de tienda. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

La figura 176 muestra la programación de trabajos para la empresa de Tornos.

02-24-2013	Job	Operation	On Machine	Process Time	Start Time	Finish Time
1	A	1	Machine 1	5	5	10
2	A	2	Machine 2	3	10	13
3	A	3	Machine 3	7	18	25
4	A	4	Machine 4	2	25	27
5	B	1	Machine 1	4	1	5
6	B	2	Machine 2	5	5	10
7	B	3	Machine 3	7	11	18
8	B	4	Machine 4	3	18	21
9	C	1	Machine 1	1	0	1
10	C	2	Machine 2	4	1	5
11	C	3	Machine 3	6	5	11
12	C	4	Machine 4	7	11	18
13	D	1	Machine 1	8	10	18
14	D	2	Machine 2	3	18	21
15	D	3	Machine 3	4	25	29
16	D	4	Machine 4	2	29	31
	Cmax =	31	MC =	24.25	Wmax =	14
	MW =	6.5	Fmax =	31	MF =	24.25
	Lmax =	17	ML =	12.5	Emax =	0
	ME =	0	Tmax =	17	MT =	12.5
	NT =	4	WIP =	3.1290	MU =	0.5726
	TJC =	996	TMC =	0	TC =	996
	Solved by	Gupta's			Criterion:	Cmax

Figura 176. Programación de trabajos. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling.

La tabla de resultados contiene el trabajo, las operaciones que se hacen, en que máquinas, el tiempo e proceso, el tiempo en que inicia y el tiempo en que se finaliza, así como los resultados de los criterios analizados.

Para analizar la programación de las máquinas, se selecciona del menú Results la opción Show Machine Schedule como se muestra en la figura 177.

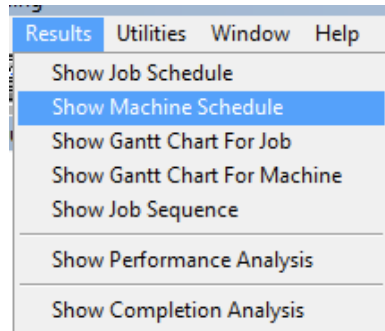


Figura 177. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

02-24-2013	Machine	Job	Operation	Process Time	Start Time	Finish Time
1	Machine 1	C	1	1	0	1
2	Machine 1	B	1	4	1	5
3	Machine 1	A	1	5	5	10
4	Machine 1	D	1	8	10	18
5	Machine 2	C	2	4	1	5
6	Machine 2	B	2	5	5	10
7	Machine 2	A	2	3	10	13
8	Machine 2	D	2	3	18	21
9	Machine 3	C	3	6	5	11
10	Machine 3	B	3	7	11	18
11	Machine 3	A	3	7	18	25
12	Machine 3	D	3	4	25	29
13	Machine 4	C	4	7	11	18
14	Machine 4	B	4	3	18	21
15	Machine 4	A	4	2	25	27
16	Machine 4	D	4	2	29	31
	Cmax =	31	MC =	24.25	Wmax =	14
	MW =	6.5	Fmax =	31	MF =	24.25
	Lmax =	17	ML =	12.5	Emax =	0
	ME =	0	Tmax =	17	MT =	12.5
	NT =	4	WIP =	3.1290	MU =	0.5726
	TJC =	996	TMC =	0	TC =	996
	Solved by	Gupta's			Criterion:	Cmax

Figura 178. Programación de las máquinas. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Se puede decir que la máquina 1 realizará la operación 1 para el trabajo C con un tiempo de proceso de 1, empezando en el tiempo 0, deberá de terminar en el tiempo 1. El trabajo C se pasa a la máquina 2 mientras que en la máquina 1 se empieza con el trabajo B.

En la figura 180 se puede observar y analizar el diagrama de Gantt para los trabajos realizados. Para visualizar este diagrama, hay que seleccionar Show Gantt Chart For Job del menú Results como se muestra en la figura 179.

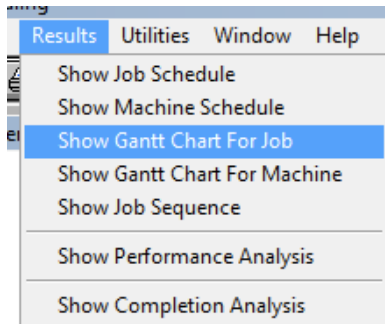


Figura 179. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

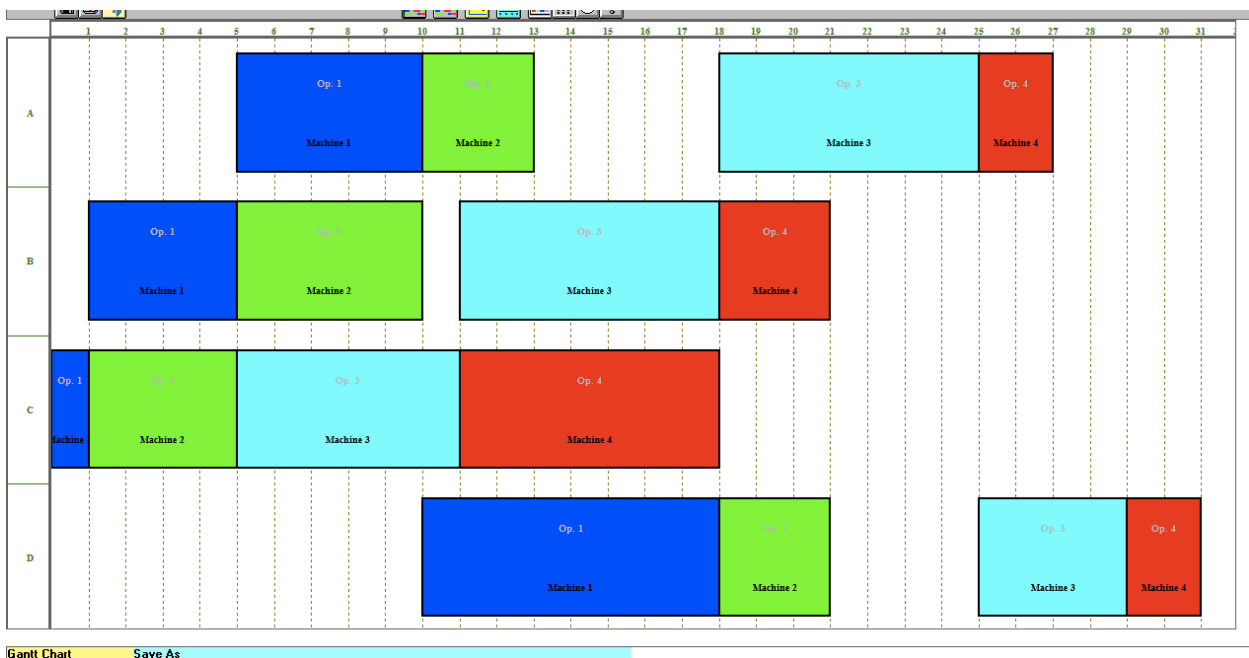


Figura 180. Diagrama de Gantt por trabajo. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Para obtener el diagrama de Gantt para el trabajo de cada máquina como el que se observa en la figura 182 se debe seleccionar Show Gantt Chart For Machine como en la figura 181.

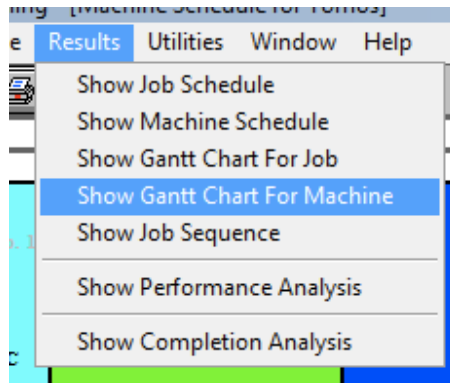


Figura 181. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

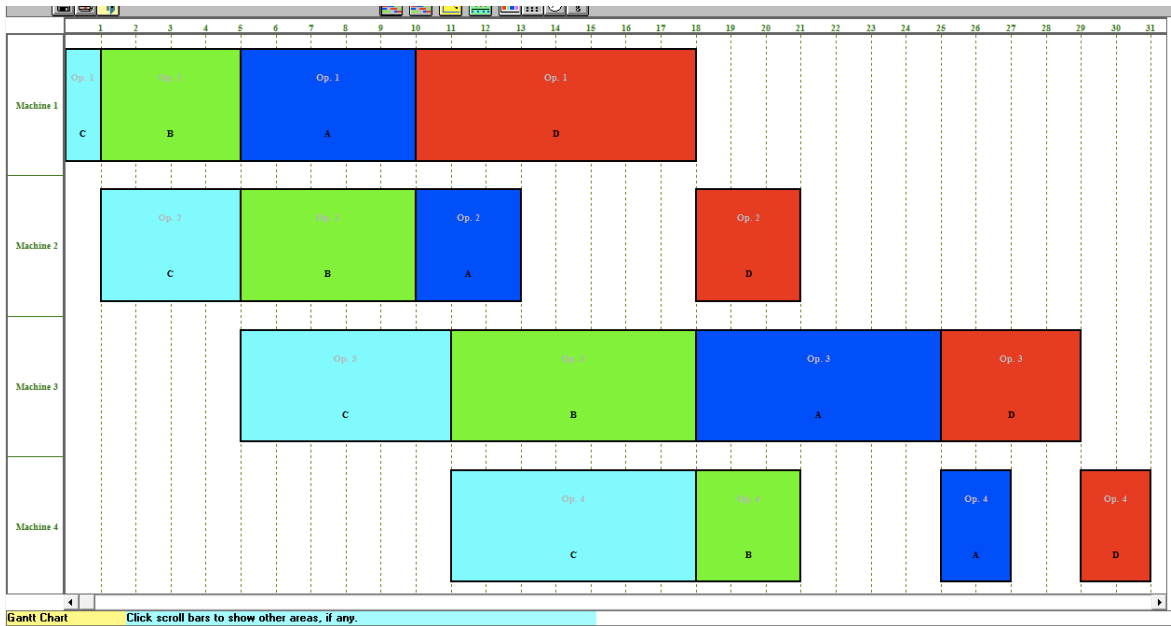


Figura 182. Digrama de Gantt por máquina. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Para generar la tabla de la secuencia de trabajos tal como en la figura 184, seleccionar Show Job Sequence del menú Results.

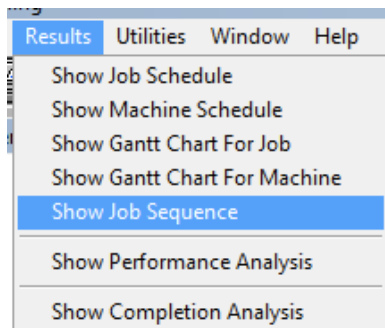


Figura 183. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

02-24-2013 21:55:11	Job Number	Job Name
1	3	C
2	2	B
3	1	A
4	4	D

Figura 184. Secuencia de trabajo. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Para visualizar mejor los resultados y hacer un análisis más gráfico, seleccione Show Performance Analysis del menú Results como en la figura 185, esta opción generará un nuevo menú que se puede ver en la figura 186, donde para ejemplificar su uso, se selecciona la categoría Machine Utilization (Utilización de máquinas) y que sea mostrado en gráfica de barras en 2D, a continuación se presiona el botón "OK". La gráfica obtenida se muestra en la figura 187.

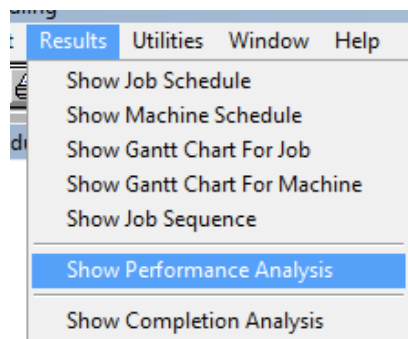


Figura 185. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

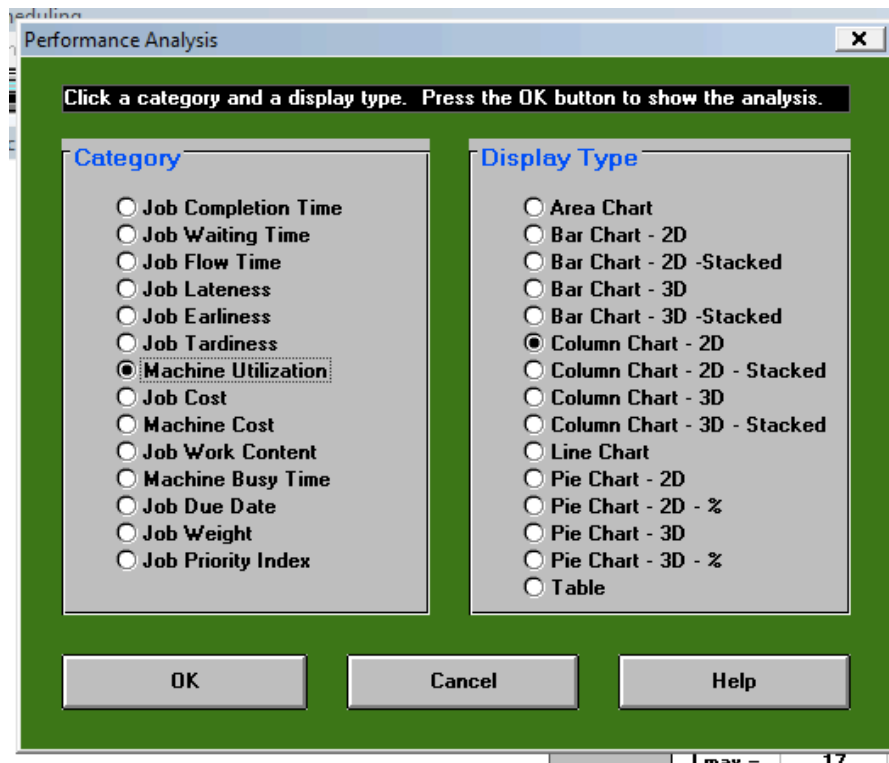


Figura 186. Especificaciones del análisis gráfico. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

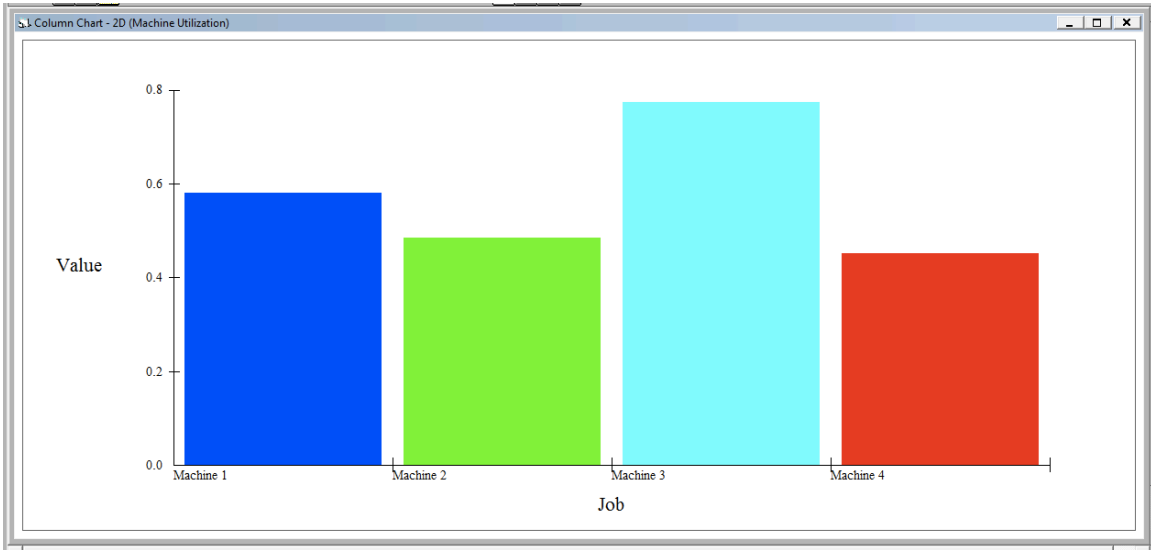


Figura 187. Gráfica de barras de la utilización de máquinas. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Job Scheduling

Capítulo 3. SISTEMAS DE CALIDAD

3.1. Control estadístico de procesos.

“Un diagrama de control es un método estadístico utilizado principalmente para el estudio y control de los procesos repetidos. Su creador, el Dr. Walter A. Shewart, sugiere que el diagrama de control puede servir, en primer lugar para definir la meta o el estándar de un proceso que la gerencia desea alcanzar; en segundo lugar puede ser utilizado como instrumento para alcanzar dicha meta; y en tercer lugar puede servir como procedimiento para juzgar si la meta fue alcanzada.” Shewart, (1939).

En este capítulo, se mostrará una metodología para el uso del módulo Quality Control Charts (Gráficos de control de calidad). El cual provee una variedad de gráficos de control tanto para atributos como para variables.

Al abrir el módulo, el programa mostrará una ventana de inicio como la que se muestra en la figura 188, en la cual se debe seleccionar la opción New Problem del menú File tal como en la figura 189 para comenzar un nuevo problema.

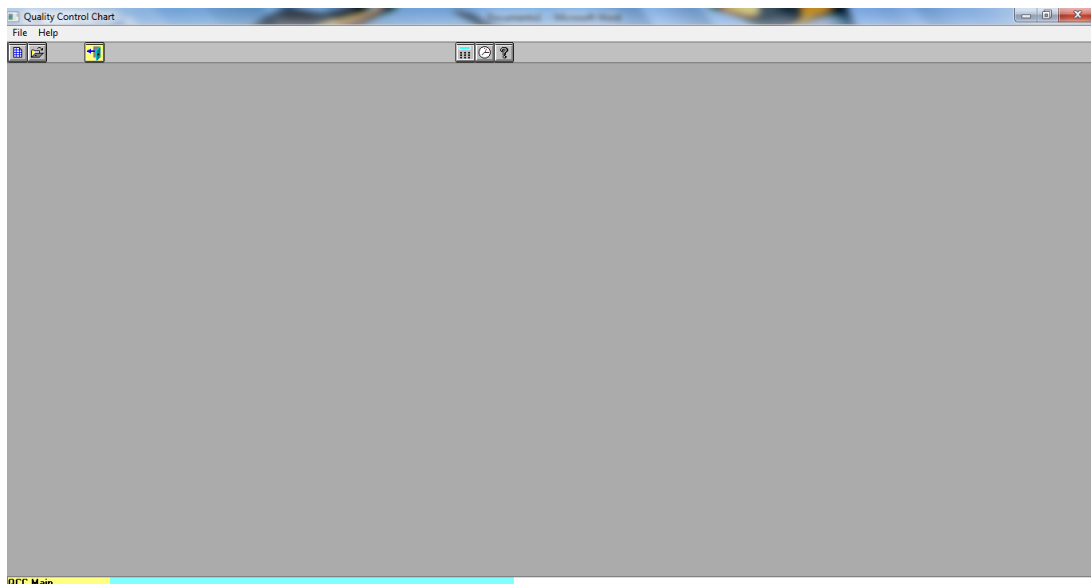


Figura 188. Ventana de inicio. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

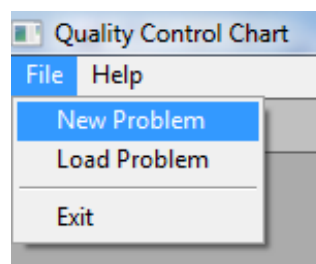


Figura 189. Menú File. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

El programa requiere que se definan las especificaciones del problema, para esto una ventana como la que se presenta en la figura 190 aparecerá. Las especificaciones que se piden del problema se describirán a continuación:

- Quality Characteristics, deberá elegir entre los dos tipos de problemas a resolver
 - Variable Data si requiere gráficos de control para variables o,
 - Attribute Data si requiere gráficos de control para atributos
- Data Entry Format, esta opción sólo está habilitada para la opción Variable Data, en la cual podrá elegir entre:
 - Subgroup vertically, las observaciones para cada característica de calidad estarán en una columna. Si usted sólo tiene una observación de los datos variables, este es el formato que debe elegir.
 - Subgroup horizontally, las observaciones para cada característica de calidad estarán en una fila.
- Problem Title, un título para el problema, lo más significativo posible.
- Number of Quality Characteristics, número de características de calidad, por default el programa usa 1.
- Number of subgroups, este es el número de muestras para el problema. Puedes añadir o quitar más adelante en el menú Edit.
- Size of Subgroups, es el número de observaciones en cada subgrupo. Para los datos variables, podrá añadir o eliminar el número de observaciones más adelante usando el menú Edit. Para atributos, podrá modificar el número de observaciones desde el formulario de entrada de datos.

The image shows a software dialog box titled "QCC Problem Specification". It contains two main sections: "Quality Characteristics" and "Data Entry Format". In the "Quality Characteristics" section, the "Variable Data" radio button is selected, while "Attribute Data" is unselected. In the "Data Entry Format" section, the "Subgroup vertically" radio button is selected, while "Subgroup horizontally" is unselected. Below these sections are several input fields: "Problem Title" (a text box), "Number of Qty. Characteristics" (a numeric box), "Size of Subgroups" (a numeric box), and "Number of Subgroups" (a numeric box). A yellow note box contains the text: "Note: The above is the initial setup. You can modify it later." At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Figura 190. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

3.1.1. Gráficos de control para variables.

Los diagramas de control basados en mediciones de características de calidad, con frecuencia resultan un método más económico para controlar la calidad que los diagramas de control basados en atributos. Cuando se realiza el control utilizando variables en lugar de atributo, habitualmente se hace bajo la forma de un diagrama X para controlar el promedio de proceso, y un diagrama R o uno s para controlar la variabilidad general del proceso. Cuando ambos se usan conjuntamente darán un control razonablemente bueno de la totalidad del proceso.

El módulo puede construir 21 diferentes gráficos de control para variables tales como:

- \bar{X} define
- R define
- Desviación estándar
- Varianza
- Mediana
- Rango medio
- CUSUM (Cumulative Sum Control Chart) para (a) media, (b) rango, y (c) desviación estándar
- Tendencia para la media y los individuos
- Promedio geométrico móvil para la media e individuos
- Promedio móvil para la media y los individuos
- Control modificado de la media e individuos
- Control de aceptación para la media y para los individuos.

Con el siguiente ejemplo extraído de Desai, (2003) se explicará el uso del módulo y la solución del problema planteado a continuación.

El departamento de calidad de la empresa Tablones INC. quiere saber si uno de sus procesos está funcionando correctamente o no. El proceso es el corte de un tablón a 10in de largo., la tolerancia es ± 0.1 ". Se recolectaron los datos los cuales se presentan en la tabla 7. Se examinarán algunos de los diagramas básicos para este proceso.

Número	Muestra	Longitud
1	1	10.02
2	1	9.95
3	1	9.97
4	2	9.94
5	2	9.96
6	2	9.99
7	3	10.03
8	3	10.04
9	3	10.02
10	4	10.06
11	4	10.04
12	4	10.01
13	5	10.06
14	5	9.99

15	5	9.99
16	6	10.08
17	6	10.07
18	6	10.05
19	7	10.05
20	7	10.06
21	7	10.08
22	8	9.97
23	8	9.98
24	8	9.97
25	9	10.01
26	9	10.00
27	9	9.99
28	10	9.99
29	10	10.02
30	10	10.00

Tabla 6. Datos recolectados. Fuente: Desai, (2003)

Se debe proceder a abrir el módulo Quality Control Chart para crear un nuevo problema. Las especificaciones iniciales del problema se muestran en la figura 191. Una vez que haya introducido todos los datos, se pulsa el botón OK.

Figura 191. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Se desplegará una nueva ventana la cual se ve en la figura 192. En dicha ventana se le pedirá que introduzca la fecha, el tiempo, las características a analizar de las muestras, si se deshabilita, las causas, acciones y algún comentario.

Number	Date	Time	Subgroup	Characteristic 1	Disabled	Cause	Action	Comment
1			1					
2			1					
3			1					
4			2					
5			2					
6			2					
7			3					
8			3					
9			3					
10			4					
11			4					
12			4					
13			5					
14			5					
15			5					
16			6					
17			6					
18			6					
19			7					
20			7					
21			7					
22			8					
23			8					
24			8					
25			9					
26			9					
27			9					
28			10					
29			10					
30			10					

Figura 192. Tabla para introducir los datos recolectados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Para el ejemplo mostrado, sólo se introducirán las longitudes tomadas de las muestras como se muestra en la figura 193.

Number	Date	Time	Subgroup	Characteristic 1	Disabled	Cause	Action	Comment
1			1	10.02				
2			1	9.95				
3			1	9.97				
4			2	9.94				
5			2	9.96				
6			2	9.99				
7			3	10.03				
8			3	10.04				
9			3	10.02				
10			4	10.06				
11			4	10.04				
12			4	10.01				
13			5	10.06				
14			5	9.99				
15			5	9.99				
16			6	10.08				
17			6	10.07				
18			6	10.05				
19			7	10.05				
20			7	10.06				
21			7	10.08				
22			8	9.97				
23			8	9.98				
24			8	9.97				
25			9	10.01				
26			9	10.00				
27			9	9.99				
28			10	9.99				
29			10	10.02				
30			10	10.00				

Figura 193. Tabla con los datos recolectados. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Del menú View, seleccionar la opción Quality Characteristic Name tal como se muestra en la figura 194. En la nueva ventana, dar doble click en la barra azul para cambiar el nombre de la característica de calidad a analizar, esto se muestra en las figuras 195 y 196.

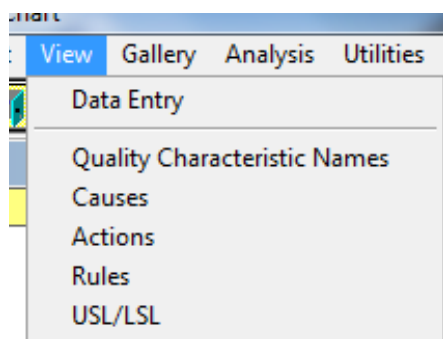


Figura 194. Menú View. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

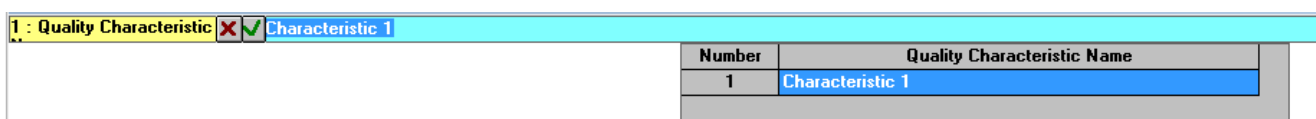


Figura 195. Cambio de nombre de la característica de calidad. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

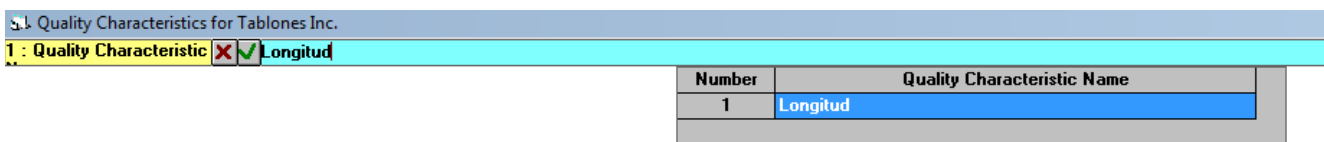


Figura 196. Cambio de nombre por "Longitud". Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Seleccionar USL/LSL del menú View tal como aparece en la figura 197 para introducir los límites de especificación. Para el ejemplo, se introducen los valores como se muestra en la figura 198, donde el límite inferior de especificación (LSL) es 9.9, límite superior de especificación (USL) 10.1 y el objetivo (Target) es 10 in.

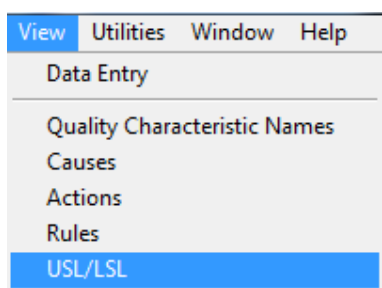


Figura 197. Menú View. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Quality Characteristic	LSL	Target	USL
Longitud	9.9	10	10.1

Figura 198. Límites de especificación. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Ahora se debe regresar a la hoja de datos, para esto, seleccionar la opción Data Entry del menú View mostrado en la figura 199.

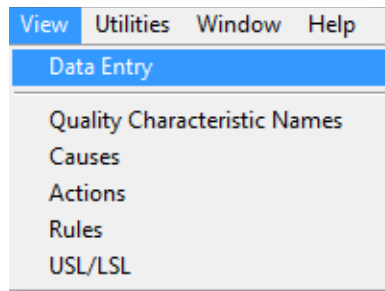


Figura 199. Menú View. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Seleccionar Setup del menú Gallery tal como en la figura 200. El programa desplegará una nueva ventana de configuración del diagrama de control como se muestra en la figura 201.

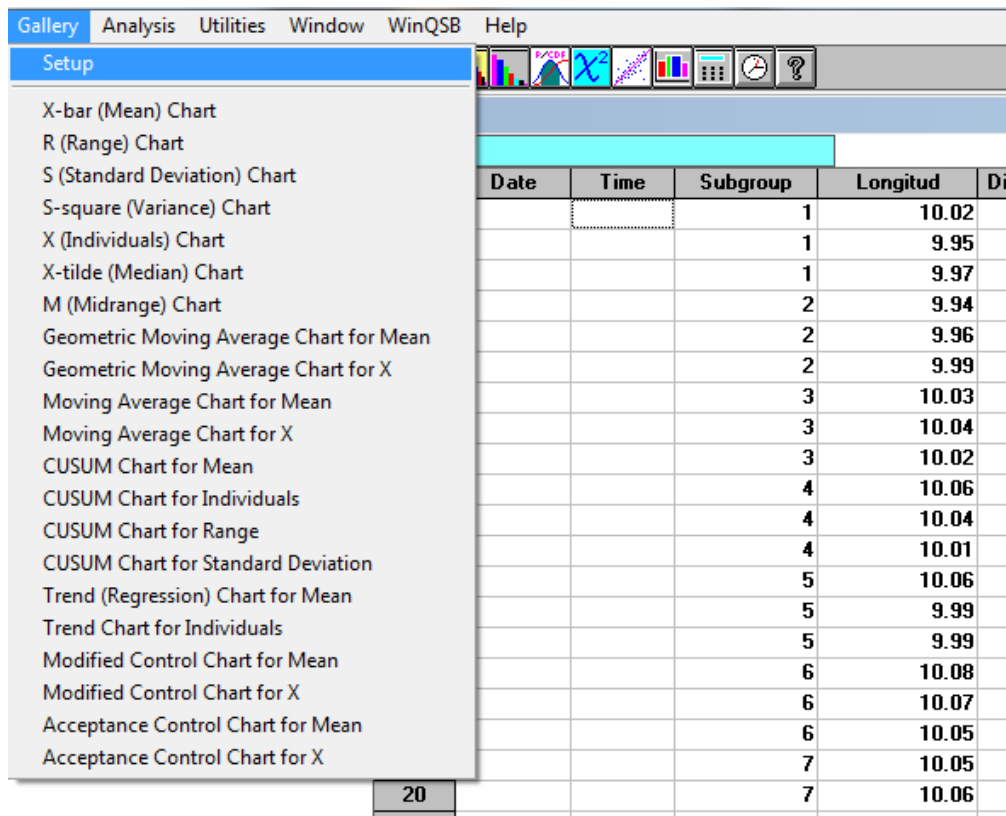


Figura 200. Menú Gallery. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

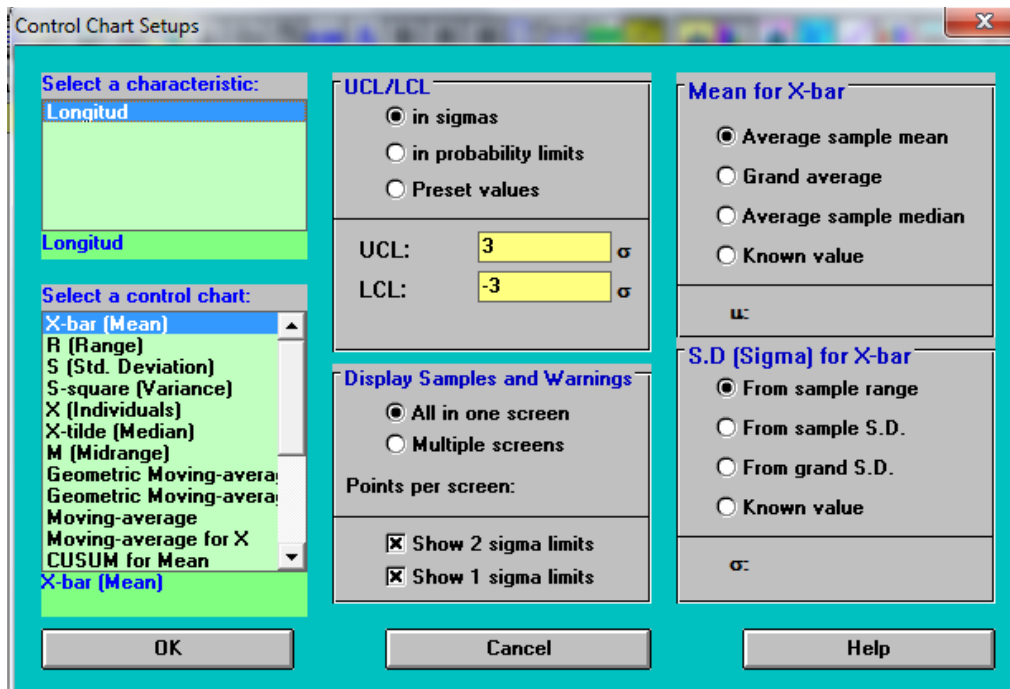


Figura 201. Configuración del diagrama de control. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

A continuación se brinda una explicación a fondo del contenido de la tabla mostrada en la Figura 201.

- Select a characteristic, seleccionar una característica si es más de una.
- Select a control chart, seleccione una de las 21 opciones de diagrama de control.
- UCL/LCL
 - Para los diagramas de control de Shewhart, especifique los límites de control basados en:
 - Números de σ 's a partir de la línea central. Por default el programa pone +3 para el UCL y -3 para el LCL.
 - Límites de probabilidad. % permitido sobre UCL o por debajo del LCL
 - Valores preestablecidos. Introducir los valores de UCL y de LCL
 - Para los diagramas geométricos de promedio móvil, incluye λ para la constante de ponderación.
 - Para los diagramas de promedio móvil, incluye el tramo móvil ν .
 - Para los diagramas cusum, incluye α para la probabilidad de error tipo I, β para el error tipo II, y Δ para el cambio en σ que se desea detectar.
 - Para los diagramas de control modificados, incluye α para la probabilidad de error tipo I, y δ para la proporción máxima permitida de artículos no conformables. δ es una fracción del proceso no conformable que es aceptada con una probabilidad de $1 - \alpha$.
 - Para los diagramas de control de aceptación, incluye γ para la proporción de artículos no conformables y la probabilidad $1 - \beta$ de ser detectados. γ es una fracción del proceso no conformable que será rechazada con una probabilidad de $1 - \beta$.
- Display Samples and Warnings (Exponer muestras y advertencias)

- Todas en una pantalla (All in one screen): todas las muestras serán exhibidas en una pantalla sin una barra de desplazamiento.
- Múltiples pantallas (Multiple screens): Puede especificar el número de puntos en una pantalla. Si se requiere de más de una pantalla, una barra de desplazamiento aparecerá.
- Muestra límites de 2 sigma (Show 2 sigma limits): se mostrará las líneas de advertencia para 2 sigma.
- Muestra límite 1 sigma (Show 1 sigma limits): se mostrará las líneas de 1 sigma.
- Mean (Media): Permite introducir o que el programa genere la media.
- Sigma (Desviación Estándar): Permite introducir o que el programa genere sigma.

Para el ejemplo que se está resolviendo, se debe llenar la tabla con los datos de la figura 202.

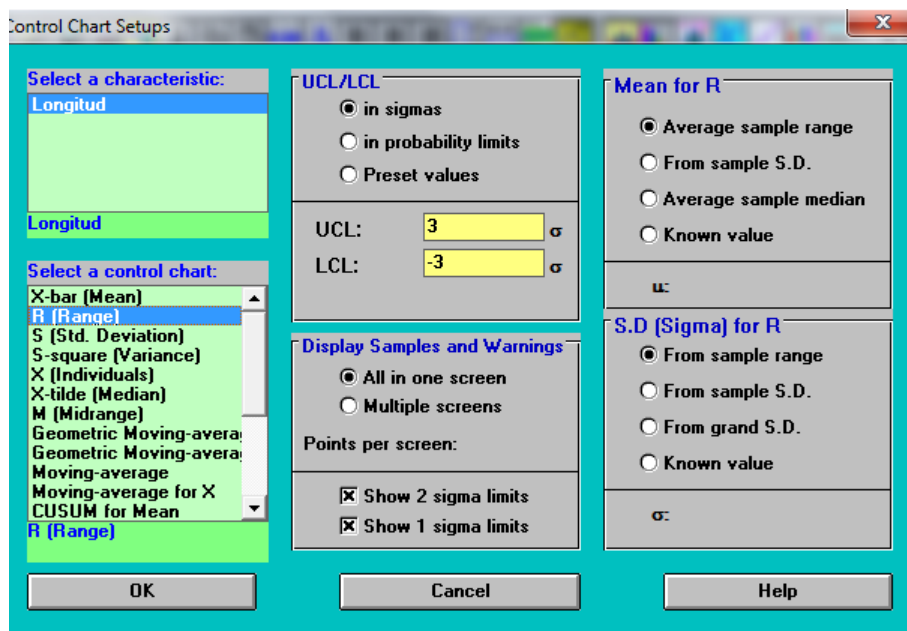


Figura 202. Configuración del diagrama de control del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Si la configuración está completa, pulsar el botón OK para que el programa genere el diagrama de control como el mostrado en la figura 203.

Como se puede observar, las líneas de los límites de control, así como las de 2 y 1 sigma están dibujadas. Se muestra un resultado de una media de 0.038 y una desviación estándar de 0.0199, ningún punto se encuentra fuera del área de control.

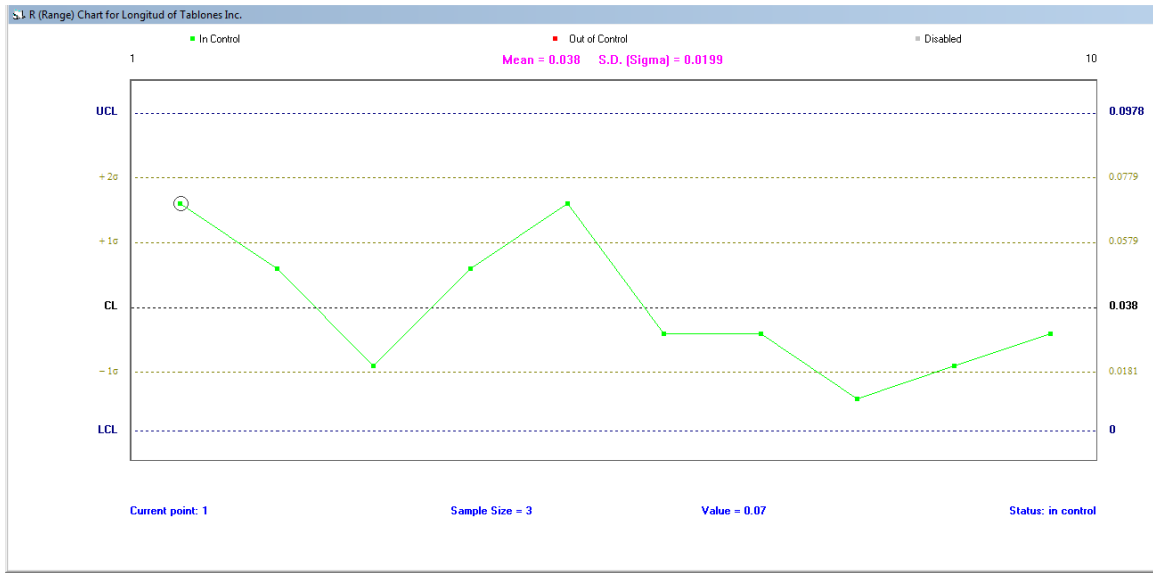


Figura 203. Diagrama de control R. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Si se requiere revisar el diagrama de control \bar{X} que se muestra en la figura 205, se debe ir a la tabla de datos y elegir \bar{X} -bar chart del menú Gallery tal como en la figura 1204. Para este diagrama, cuatro muestras se encuentran fuera de los límites de control, se tiene una media de 10.013 y una desviación estándar de 0.0130

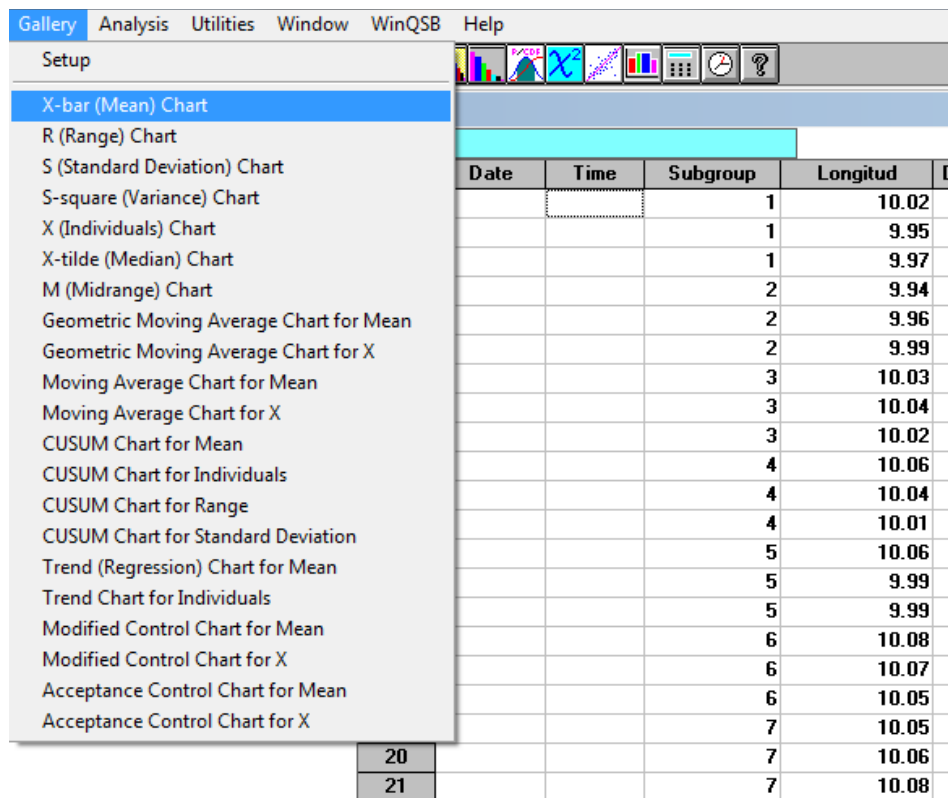


Figura 204. Menú Gallery. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

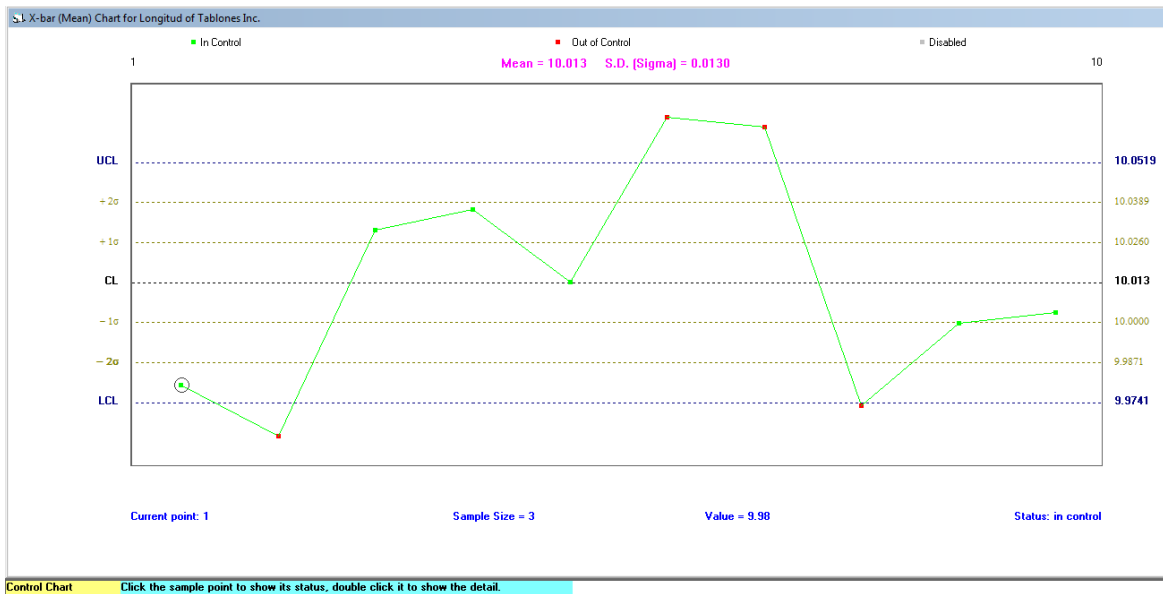


Figura 205. Diagrama de control \bar{X} . Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

El departamento también desea controlar la capacidad del proceso¹⁰. Para esto se tiene que utilizar la opción Process Capability Analysis del menú Analysis tal como se muestra en la figura 206, para que se despliegue el análisis de la capacidad del proceso basado en los valores introducidos de los límite superior e inferior de especificación (USL/LSL) tal como se muestra en la figura 207.

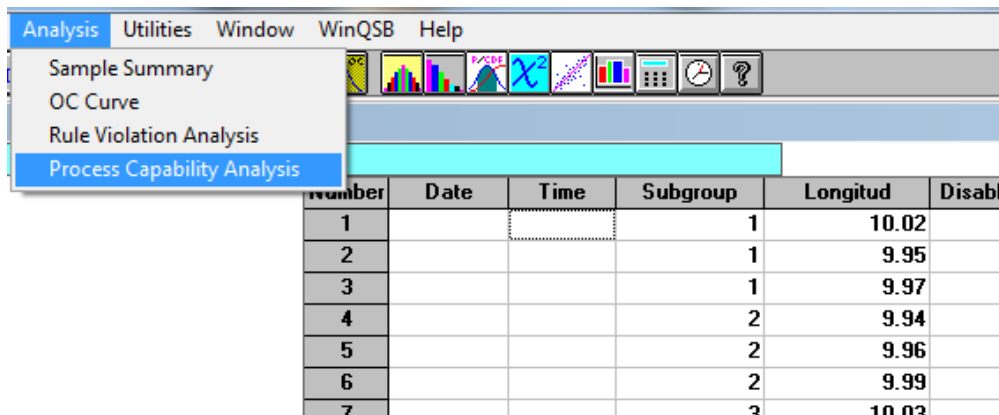


Figura 206. Menú Analysis. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts.

¹⁰ Capacidad del proceso: es la facultad de generar un producto que cumpla con determinadas especificaciones.

	01:13:28		10-17-2013
	Process Capability	Value	Comment
1	PCR	1.4851	Process Capable
2	PCR_U	1.2920	Process Capable
3	PCR_L	1.6781	Process Capable
3	PCR_k	1.2920	Process Capable
3	PCR_km	1.2851	Process Capable
	USL =	10.1000	
	Target =	10.0000	
	LSL =	9.9000	
	Estimated Mean =	10.0130	
	Estimated Sigma =	0.0224	

Figura 207. Análisis de la capacidad del proceso. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts.

En este último análisis, se observa los diferentes indicadores de la capacidad del proceso, sus valores y si son o no capaces. También se tiene la información de los límites tanto inferiores, superiores y el deseado. Por último se presenta la media estimada y la sigma estimada.

3.1.2. Gráficos de control para atributos.

El módulo construye 15 diferentes gráficos de control para atributos, los cuales se mencionan a continuación:

- Gráfico p (proporción no conforme)
- Gráfico np (número de no conformes)
- Gráfico C (número de defectos)
- Gráfico u (número promedio de defectos)
- Gráfico U (deméritos por unidad)
- Cusum para p
- Cusum para C
- Promedio geométrico móvil para p, C
- Promedio móvil para p, C
- Estandarización para p, np, C y u

Se resolverá el siguiente ejemplo extraído de Desai, (2003) para analizar esta sección del módulo.

El departamento de calidad de Tablones INC, toma una muestra de 4 partes de las piernas de sillas cada hora y busca manchas en la superficie. Si hay más de dos manchas en una pierna, la pierna no se conforma. Los datos se recogen cada 10 horas y se muestran en la tabla 9. El análisis se realizará con un diagrama de control C.

Muestra	Tamaño	Manchas
1	4	1
2	4	0
3	4	2
4	4	1
5	4	0
6	4	0
7	4	1
8	4	2
9	4	1
10	4	0

Tabla 7. Datos de la muestra obtenida. Fuente: Desai, K., (2003)

Se tiene que abrir el módulo Quality Control Chart de la carpeta donde se encuentre instalado el programa WinQSB, para posteriormente crear un nuevo problema seleccionando New Problem del menú File tal como se muestra en la figura 208. Después se debe completar la platilla como se muestra en la figura 209, recordando que la descripción de cada casilla se explicó al inicio de este capítulo.

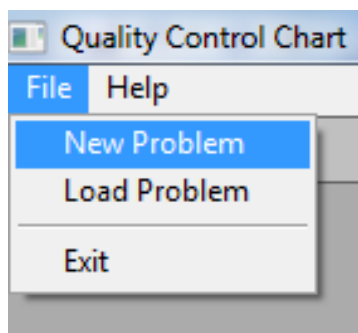


Figura 208. Menú File. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Figura 209. Especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts.

Una vez completada la plantilla, dar click en el botón “OK”. Se generará una hoja de cálculo para introducir los datos del problema como se ve en la figura 210. Esta nueva hoja introduce, en lugar del número de muestra, el tamaño de la misma. Para el caso del problema a resolver los datos requeridos son los que se muestran en la figura 211.

Subgroup	Date	Time	Size	Characteristic 1	Disabled	Cause	Action	Comment
1			4					
2			4					
3			4					
4			4					
5			4					
6			4					
7			4					
8			4					
9			4					
10			4					

Figura 210. Tabla para introducir los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts.

Subgroup	Date	Time	Size	Characteristic 1	Disabled	Cause	Action	Comment
1			4	1				
2			4	0				
3			4	2				
4			4	1				
5			4	0				
6			4	0				
7			4	1				
8			4	2				
9			4	1				
10			4	0				

Figura 211. Tabla con los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts.

Una vez que haya terminado de introducir los datos del problema en la tabla de la figura 211, seleccionar la opción Setup del menú Gallery de la barra de herramientas tal como se muestra en la figura 212. Así el programa desplegará una nueva ventana de configuración del diagrama de control como se muestra en la figura 213.

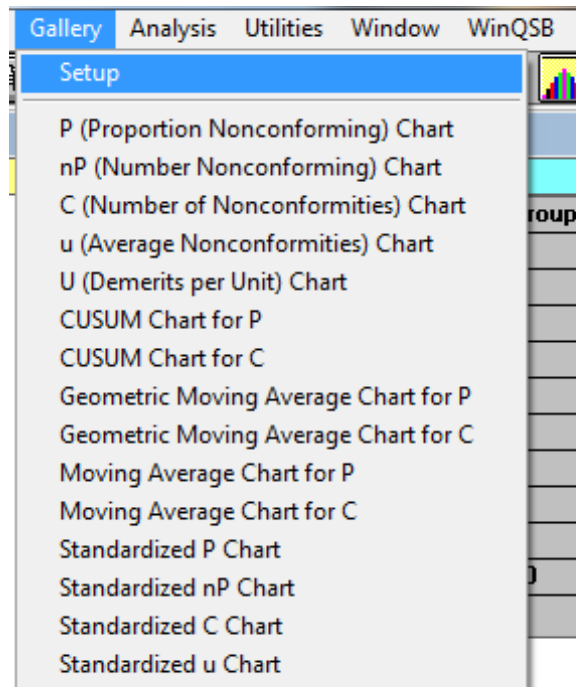


Figura 212. Menú Gallery. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts.

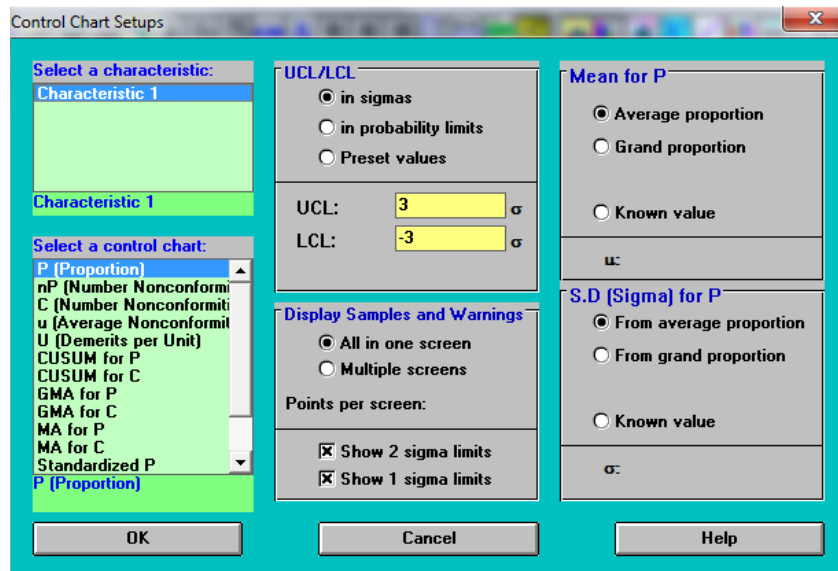


Figura 213. Configuración del diagrama de control. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Para el problema, seleccionar la opción de diagrama de control C (Number Nonconformitable) como se observa en la figura 214 y pulsar el botón OK.

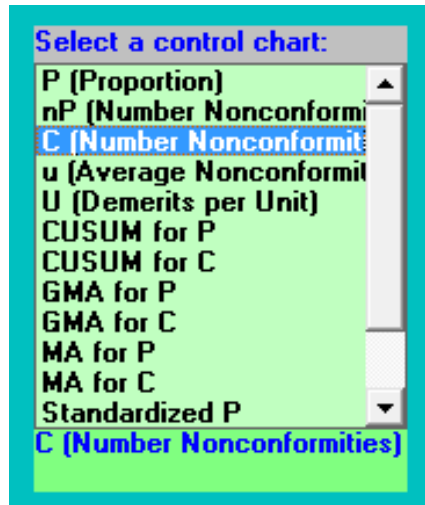


Figura 214. Selección del diagrama de control C. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts

Se desplegará el diagrama de control C como se muestra en la figura 215, en donde aparecen: el LCS en 3.4833 y el LCI en -1.8833. Todas las muestras obtenidas, se encuentran dentro de los límites de control, con una media de 0.8 y una desviación estándar de 0.8944.

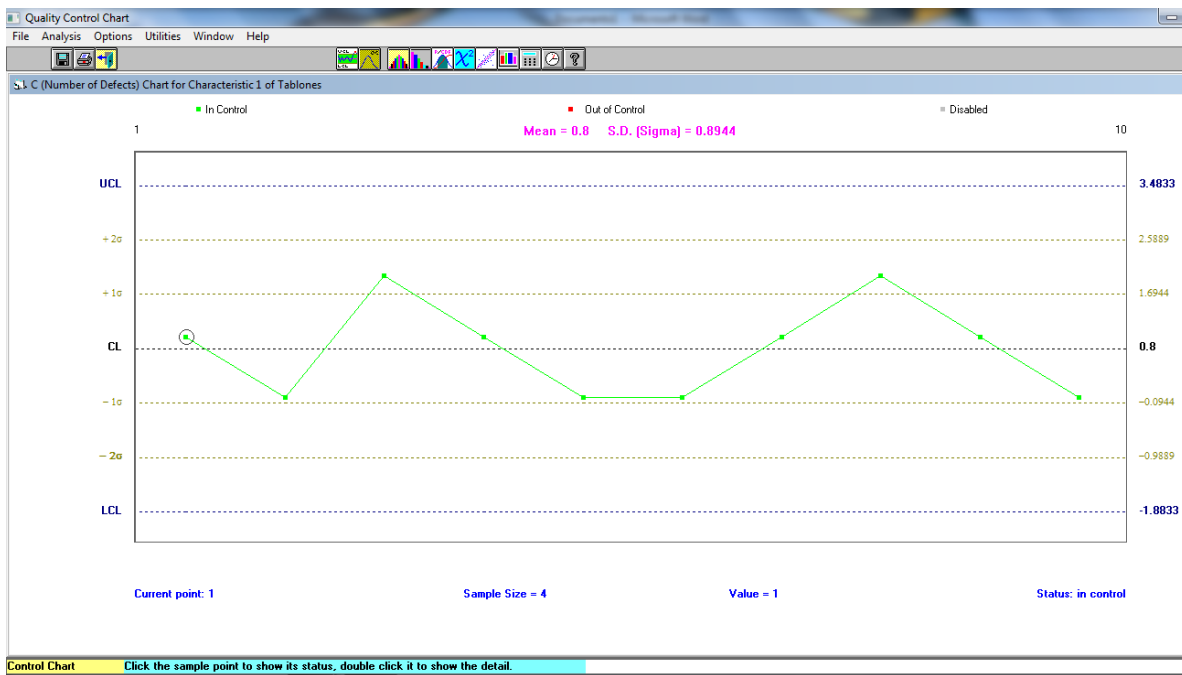


Figura 215. Diagrama de control C. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Quality Control Charts.

3.2. Muestreo de aceptación.

En este capítulo se analizará el módulo Acceptance Sampling Analysis, el cual desarrolla y analiza los planes de muestreo de aceptación para las características de calidad; variables y atributos.

Este módulo tiene las siguientes capacidades:

Análisis del muestreo de aceptación para atributos:

- Muestreo simple
- Muestreo doble
- Muestreo múltiple
- Muestreo secuencial
- Muestreo en cadena
- Muestreo continuo
- Muestreo skip-lot

El módulo provee cuatro diferentes funciones de probabilidad para el muestreo de aceptación para atributos.

- Distribución binomial
- Distribución hipergeométrica
- Distribución de Poisson
- Distribución normal

Análisis del muestreo de aceptación para variables:

- Muestreo simple- media muestral
- Muestreo simple: Controlando fracción no conforme - Método k
- Muestreo simple: Controlando fracción no conforme - Método M
- Muestreo secuencial

Construye curva de operación de funcionamiento (OC), curva de calidad de salida media (AOQ), inspección total promedio (ATI), cantidad media de la muestra (ASN), y curvas de costo.

Calcula (a) el riesgo del productor y (b) riesgo del consumidor

Busca el plan de muestreo usando ponderación α/β o límite de calidad de salida media AOQL

Determina los niveles de calidad de aceptación o de rechazo

Realiza el análisis ¿y si...?

Realiza el proceso de muestreo secuencial

Proporciona una descripción de la operación del plan de muestreo

Permite especificar la función de probabilidad para atributos.

Para una mejor explicación del uso de este módulo, se resolverá el siguiente ejercicio basado en el ejemplo de Desai, (2003).

Tablones INC quiere desarrollar un plan de muestreo simple para la fabricación de muebles. Una vez que se hace un lote de muebles, se realiza una verificación de calidad de apariencia. Normalmente producen sus muebles en lotes de 50.

Lo primero que debe hacer es abrir el módulo Acceptance Sampling Analysis y seleccionar la opción New Problem del menú File.

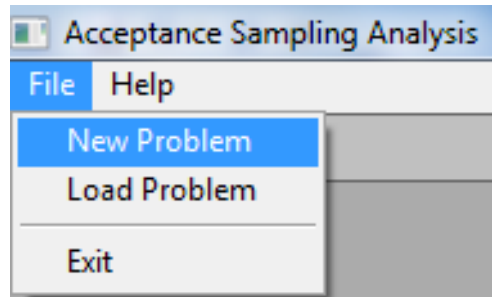


Figura 216. Menú File. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis.

Una plantilla de especificaciones del problema se desplegará como en la figura 217.

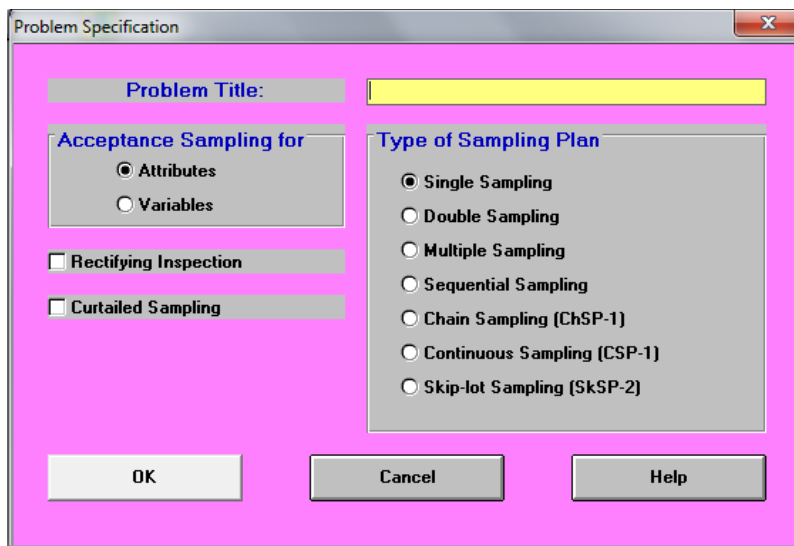


Figura 217. Plantilla de especificaciones del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

El procedimiento para llenar esta hoja se describe a continuación:

- Problem Title: Introducir un título para el problema.
- Acceptance Sampling for (Muestreo de aceptación para):
 - Attributes (Atributos)
 - Type of Sampling Plan (Tipo de plan de muestreo)
 - Single Sampling (Muestreo simple)
 - Double Sampling (Muestreo doble)
 - Multiple Sampling (Muestreo múltiple)
 - Introducir el número de muestras previstas
 - Sequential Sampling (Muestreo secuencial)

- Chain Sampling (Muestreo en cadena)
 - Continuous Sampling (Muestreo continuo)
 - Skip-lot sampling (Muestro Skip-lot)
 - Seleccionar la casilla Rectifying inspection si está previsto una rectificación de inspección.
 - Seleccionar la casilla sampling will be curtailed si el muestreo es restringido.
- Variables (Variables)
 - Type of Sampling Plan (Tipo de plan de muestreo)
 - For process/lot Mean (Para media de procesos/lote)
 - For Fraction Nonconforming k-Method (Para fracciones de no conformables Método k)
 - For Fraction Nonconforming M-Method (Para fracciones de no conformables Método M)
 - Sequential Sampling Based on Sum (Muestreo secuencial basado en suma)
 - Specification Limit: Seleccionar el límite de especificación
 - Lower specification limit only (Solo el límite de especificación inferior)
 - Upper specification limit only (Solo el límite de especificación superior)
 - Both upper/lower specification limits (Ambos límites de especificación)
 - Standard Deviation: Seleccionar si la desviación estándar
 - Known (conocida)
 - Unknown (desconocida)
- Si las especificaciones están completas, presionar el botón OK para introducir los datos.

La figura 218 muestra las especificaciones para el problema planteado.

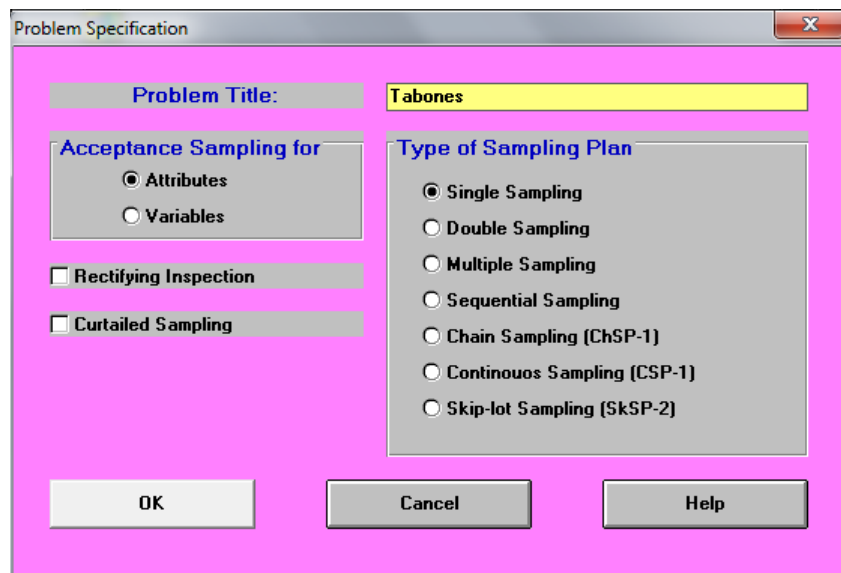


Figura 218. Especificaciones del problema planteado. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

Habiendo completado las especificaciones del problema, dar click en el botón OK. El programa generará una nueva plantilla en donde se requiere lo siguiente:

- El tamaño de muestra (n) (Sample size (n))
- Número de aceptaciones (c) (Acceptance number (c))
- Nivel de calidad aceptable (AQL, en % de defectos) (Acceptable quality level)
- Nivel de calidad rechazable (RQL, LQL, o LTPD, en % de defectos) (Rejectable quality level)
- Nivel de riesgo para los productores (alpha, error tipo I en %) (Producer's risk level)
- Nivel de riesgo para los consumidores (beta, error tipo II en %) (Consumer's risk level)
- Tamaño de lote (N) (Lot size)
- Distribución de probabilidad (Probability distribution)
- Costo de muestreo unitario (Unit sampling cost)
- Costo de inspección unitaria (Unit inspection cost)
- Costo unitario del productor si la unidad se encuentra defectuosa (Unit producer's cost if unit is found defective)
- Costo unitario del consumidor si la unidad se encuentra defectuosa (Unit consumer's cost if unit is found defective)
- Error de inspección: Probabilidad (%) de tener un buen artículo clasificado como malo (Inspection error: probability (%) of good item is classified as bad)
- Error de inspección: Probabilidad (%) de tener un mal artículo clasificado como bueno (Inspection error: probability (%) of bad item is classified as good);

DATA ITEM	ENTRY
Sample size (n)	
Acceptance number (c)	
Acceptable quality level (AQL, in % defective)	1
Rejectable quality level (RQL, LQL, or LTPD, in % defective)	10
Producer's risk level (alpha, type I error in %)	5
Consumer's risk level (beta, type II error in %)	10
Lot size (N)	10000
Probability distribution	Binomial
Unit sampling cost	
Unit inspection cost	
Unit producer's cost if unit is found defective	
Unit consumer's cost if unit is found defective	
Inspection error: probability (%) of good item is classified as bad	
Inspection error: probability (%) of bad item is classified as good	

Figura 219. Plantilla para los datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

Para el problema: el nivel de calidad aceptable en porcentaje de defectos es del 1%, el nivel de calidad de rechazo es del 10% en porcentaje de defectos, el nivel de riesgo para el productor es de 5% y para el consumidor es de 10%; se toma un tamaño de lote de 3000, un costo de muestreo unitario de 0.5, y de inspección de 1. El costo del productor por tener una unidad defectuosa es de 5 UM y para el consumidor de 20 UM. Y una probabilidad de 0.5% de tener un buen artículo clasificado como malo así como por tener un mal artículo clasificado como bueno. Estos datos se introducen como se muestra en la figura 220.

DATA ITEM	ENTRY
Sample size (n)	50
Acceptance number (c)	2
Acceptable quality level (AQL, in % defective)	1
Rejectable quality level (RQL, LQL, or LTPD, in % defective)	10
Producer's risk level (alpha, type I error in %)	5
Consumer's risk level (beta, type II error in %)	10
Lot size (N)	3000
Probability distribution	Binomial
Unit sampling cost	0.5
Unit inspection cost	1
Unit producer's cost if unit is found defective	5
Unit consumer's cost if unit is found defective	20
Inspection error: probability (%) of good item is classified as bad	0.5
Inspection error: probability (%) of bad item is classified as good	0.5

Figura 220. Datos del problema. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

Después de introducir los datos en la hoja, hay que seleccionar la opción Draw OC Curve (Curva de las características de operación¹¹) del menú Solve and Analysis como se muestra en la figura 221 ya que es una medida de desempeño para el plan de muestreo.

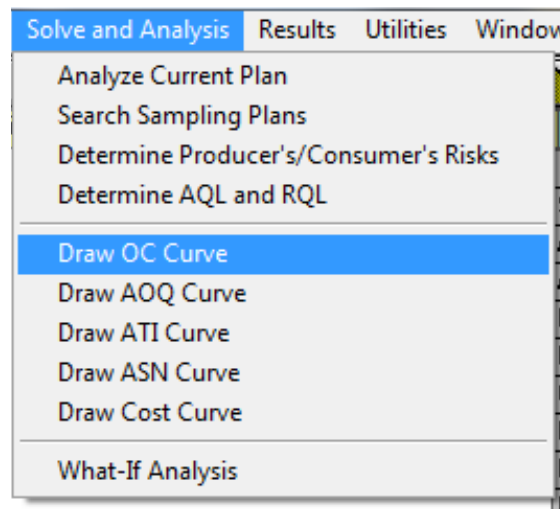


Figura 221. Menú Solve and Analysis. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

En la siguiente hoja que se presenta en la figura 222 se pedirán los datos de tamaño de muestra y número de defectos aceptables de otros planes adicionales. Para el ejemplo, se dejarán solo los datos del plan original. Después pulsar el botón OK.

¹¹ La curva OC, representa gráficamente la relación que existe entre un porcentaje de artículos defectuosos de un lote y la probabilidad de aceptación.

OC Curve Setup

You may draw up to ten curves on one chart. Enter the sampling plans.

50

Plan	n	c
1	50	2
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Start p (%): 0 End p (%): 10 Step p (%): .1

OK Cancel Help

Figura 222. Configuración de la Curva OC. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

La curva OC se desplegará en la pantalla tal como se muestra en la figura 223, en este caso se presentará una gráfica de la probabilidad de aceptación contra la fracción de lote defectuoso en porcentaje

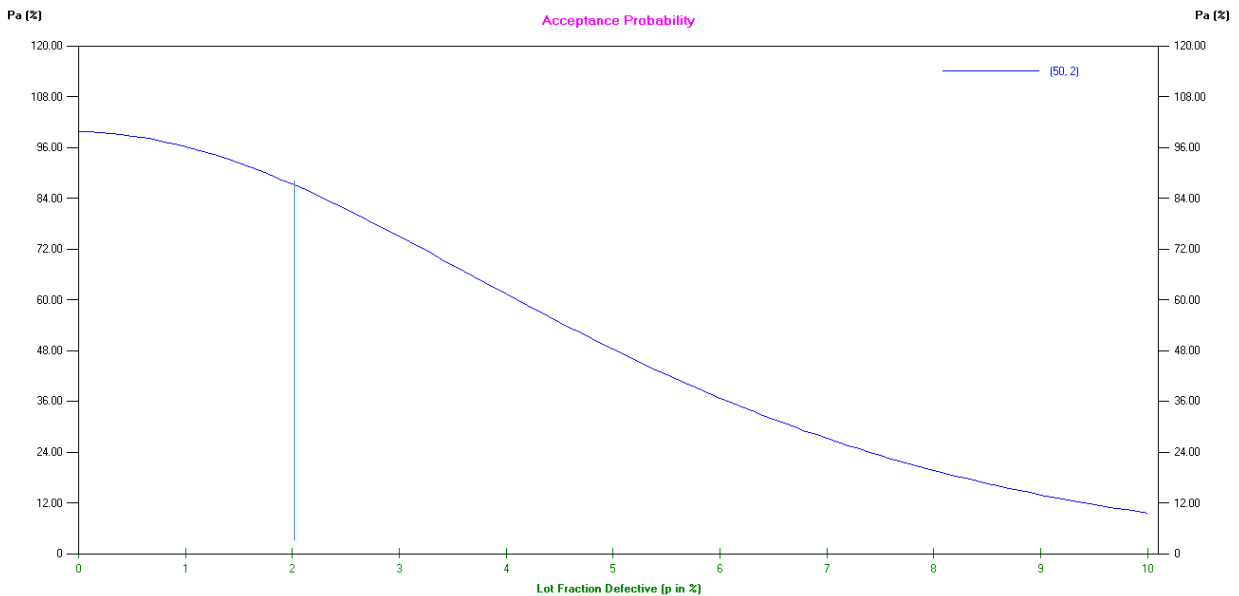


Figura 223. Curva OC. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

Se tiene que cerrar la gráfica o minimizarla para regresar a la hoja inicial, donde se debe seleccionar la opción Analyze Current Plan (Análisis del plan actual) del menú Solve And Analysis.

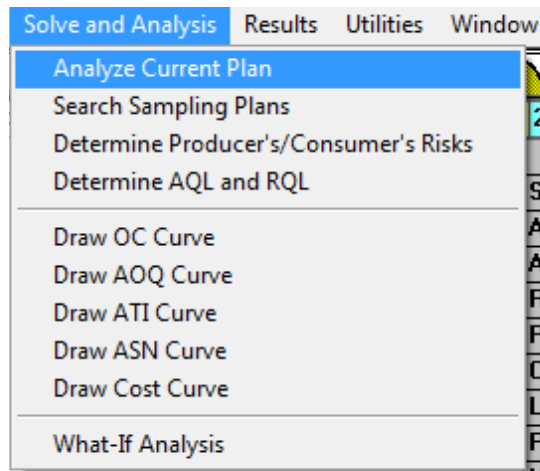


Figura 224. Menú Solve and Analysis. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

Parte de la solución se muestra en la figura 225. En esta hoja, se presentan las diferentes probabilidades en porcentajes, P , P_e , P_a , así como los porcentajes para la calidad de salida media (AOQ), y los valores de inspección total promedio (ATI), cantidad media de la muestra (ASN) y el costo total. Al final de dicha hoja, se presentan los valores máximos y mínimos que existe en cada columna.

No.	P (%)	Pe (%)	Pa (%)	AOQ (%)	ASN	ATI	Total Cost
0	0	0.5000	99.7945	0	50	56.0631	\$82.46
1	1.0000	1.4900	96.1400	0.9464	50	163.8710	\$768.47
2	2.0000	2.4800	87.2851	1.7241	50	425.0899	\$1,533.62
3	3.0000	3.4700	74.9243	2.2346	50	789.7331	\$2,280.28
4	4.0000	4.4600	61.3304	2.4639	50	1190.753	\$2,933.45
5	5.0000	5.4500	48.2573	2.4561	50	1576.409	\$3,462.45
6	6.0000	6.4400	36.7324	2.2802	50	1916.394	\$3,870.30
7	7.0000	7.4300	27.1812	2.0058	50	2198.154	\$4,177.74
8	8.0000	8.4200	19.6270	1.6912	50	2421.003	\$4,411.01
9	9.0000	9.4100	13.8698	1.3784	50	2590.841	\$4,594.64
10	10.0000	10.4000	9.6138	1.0936	50	2716.392	\$4,748.30
11	11.0000	11.3900	6.5479	0.8503	50	2806.836	\$4,886.17
12	12.0000	12.3800	4.3884	0.6525	50	2870.541	\$5,017.55
13	13.0000	13.3700	2.8973	0.4982	50	2914.529	\$5,148.01
14	14.0000	14.3600	1.8861	0.3822	50	2944.360	\$5,280.42
15	15.0000	15.3500	1.2115	0.2980	50	2964.260	\$5,416.01
16	16.0000	16.3400	0.7683	0.2390	50	2977.335	\$5,554.98
17	17.0000	17.3300	0.4813	0.1995	50	2985.802	\$5,697.03
18	18.0000	18.3200	0.2979	0.1743	50	2991.212	\$5,841.64
19	19.0000	19.3100	0.1823	0.1597	50	2994.623	\$5,988.26
20	20.0000	20.3000	0.1102	0.1525	50	2996.748	\$6,136.39
21	21.0000	21.2900	0.0659	0.1506	50	2998.055	\$6,285.61
22	22.0000	22.2800	0.0390	0.1523	50	2998.849	\$6,435.60
23	23.0000	23.2700	0.0228	0.1566	50	2999.327	\$6,586.12
24	24.0000	24.2600	0.0132	0.1625	50	2999.611	\$6,737.00
25	25.0000	25.2500	0.0076	0.1697	50	2999.777	\$6,888.10
26	26.0000	26.2400	0.0043	0.1777	50	2999.874	\$7,039.36
27	27.0000	27.2300	0.0024	0.1864	50	2999.929	\$7,190.71
28	28.0000	28.2200	0.0013	0.1955	50	2999.961	\$7,342.12
29	29.0000	29.2100	0.0007	0.2051	50	2999.979	\$7,493.57
30	30.0000	30.2000	0.0004	0.2151	50	2999.989	\$7,645.04
31	31.0000	31.1900	0.0002	0.2254	50	2999.994	\$7,796.52
32	32.0000	32.1800	0.0001	0.2360	50	2999.997	\$7,948.01
33	33.0000	33.1700	0.0001	0.2469	50	2999.998	\$8,099.51
34	34.0000	34.1600	0.0000	0.2582	50	2999.999	\$8,251.00

Figura 225. Análisis del plan actual. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

Ahora, para ver una descripción del plan hay que seleccionar la opción Show Current Plan Description (Mostrar la descripción del plan actual) en el menú Results mostrado en la figura 226.

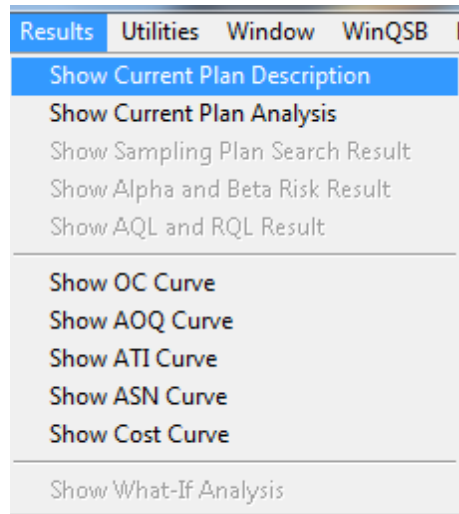


Figura 226. Menú Results. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

En la figura 227 se muestra un resumen del plan que dice:

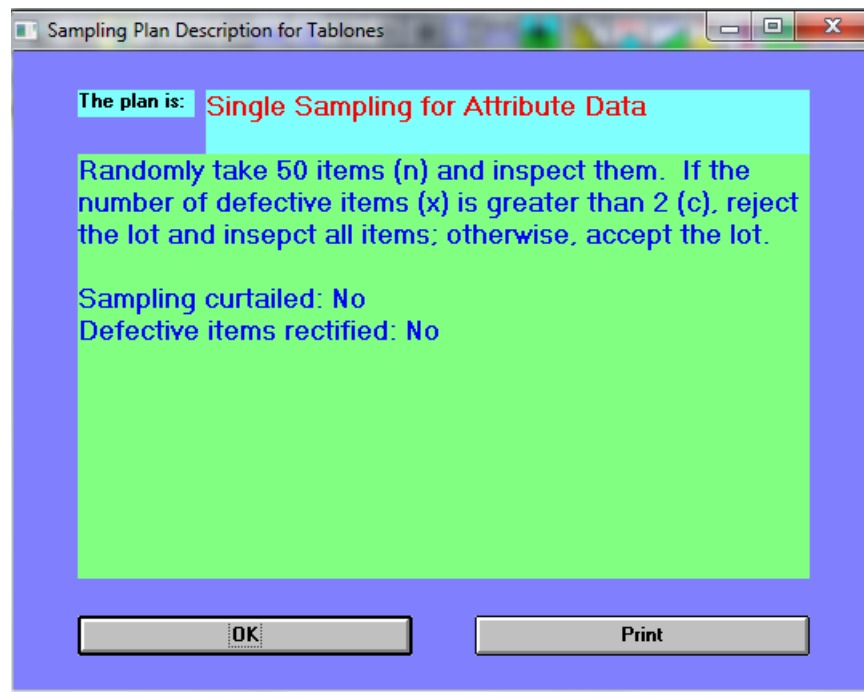


Figura 227. Resumen del plan. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

El plan es: Muestreo simple para atributos.

Aleatoriamente se toman 50 artículos (n) y se inspeccionan. Si el número de artículos defectuosos (x) es mayor a 2 (c), se rechaza el lote y se inspeccionan todos los artículos, de lo contrario, se acepta el lote.

Muestreo reducido: No

Artículos defectuosos rectificadas: No

Por último, la empresa desea determinar el riesgo del productor y del consumidor. Para esto, hay que seleccionar la opción Determine Producer's/Consumer's Risks del menú Solve and Analyze tal como en la figura 228. El resultado se muestra en la figura 229.

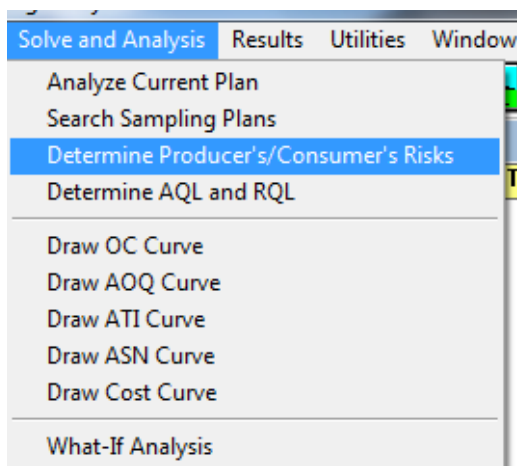


Figura 228. Menú Solve and Analysis. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

10-22-2013	Plan	Value
1	Sample size (n)	50
2	Acceptance number (c)	2
3	Given AQL	1%
4	Given RQL	10%
5	Lot size	3000
6	Resulted producer's risk (alpha)	3.8600%
7	Resulted consumer's risk (beta)	9.6138%
8	Resulted AOQL	99.3454%

Figura 229. Riesgo del productor y del consumidor. Fuente: Impresión de pantalla del módulo Acceptance Sampling Analysis

Se observa que el error tipo I (clasificar un artículo bueno como malo) es de 3.86% y el error tipo II (clasificar un artículo malo como bueno) es de 9.6138% y se tiene un nivel de calidad de salida media de 99.3454%.

CONCLUSIONES.

Este documento se presenta como un manual del software WinQSB teniendo como finalidad ser una herramienta capaz de solucionar diversos problemas relacionados con 3 asignaturas específicas: Diseño de Sistemas Productivos, Planeación y Control de la Producción y Sistemas de Calidad. El lector encontrará un valor agregado al programa, ya que le permitirá agilizar el estudio, ahorrando tiempo en el manejo de datos y logrando así, dedicarse al análisis de la información obtenida para practicar la toma de decisiones.

Aunque hoy en día existen programas mejores, la sencillez de WinQSB lo hace altamente recomendado para alcanzar los requerimientos de la formación académica impartida en la Facultad de Ingeniería. En este trabajo se han estudiado 8 de los 19 módulos que ofrece WinQSB. 13 módulos son los que tienen mayor importancia para el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, los cuales facilitan la resolución de problemas relacionados con la administración e investigación de operaciones, dando como resultado una herramienta potencial para el ahorro de cálculos y desarrollos matemáticos.

Este trabajo se ha elaborado cuidadosamente, explicando a detalle cada función de los módulos. Pero dado que la interfaz gráfica es muy similar a la de otros programas utilizados en Windows y que es muy intuitivo, se han omitido algunas opciones básicas que se repiten en todos los módulos.

El uso de este software brinda la oportunidad al lector de tener contacto con una herramienta que le permitirá una mejor preparación profesional para hacer frente a lo que hoy en día las empresas solicitan. En la actualidad, el campo laboral busca profesionistas con conocimientos en herramientas informáticas, que permitan mejorar la productividad de las empresas, por lo tanto es importante que el ingeniero industrial egresado esté familiarizado con ellas generando una ventaja competitiva en su futuro profesional.

Otro punto fundamental es que en el proceso enseñanza- aprendizaje, el docente juega un papel importante, brindándole al alumno nuevos métodos de solución y análisis de problemas, beneficiando a ambas partes, ya que ambos tendrán el conocimiento de un software que aporta valor a la resolución de problemas del tipo cuantitativo, permitiendo realizar ejercicios en clase, tareas, exámenes o para la comparación de resultados.

Añadiendo que el software no tiene ningún costo y que es fácil de conseguir en internet, tiene un pequeño problema; no es fácil de instalar en sistemas de 64 bits, por lo cual se anexó un tutorial para la instalación de una máquina virtual que permita correr el programa en cualquier sistema. Pero se encuentra instalado en el laboratorio de Ingeniería Industrial de la UNAM para ser utilizado en temas como administración, producción, recursos humanos, dirección de proyectos, programación de tareas, entre otros.

Bibliografía.

- Chase, R., Jacobs, F., Aquilano, N., (2009) “Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros.” McGraw-Hill, México.
- Desai, K., (2003) “WinQSB.” John Wiley & Sons, INC., EUA.
- Sipper, B., (1998) “Planeación y control de la producción.” McGraw-Hill, México.
- Montgomery, D. (1996) “Introduction to Statistical Quality Control” John Wiley & Sons, INC., EUA.
- Heizer, J., Render, B., (2009) “Principios de administración de operaciones” Pearson Educación, México.
- Shewart, W. (1939) “Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control”
- Quesada, I., Vergara, S., (2006) “Análisis Cuantitativo con WINQSB” Edición electrónica. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006c/216/

Anexos.

Anexo 1. Biografía de Yih Long-Chang.

Yih Long-Chang, nació en Taiwán en 1952.

Es profesor del instituto tecnológico de Georgia, en el área de Gestión de Operaciones.

Educación:

Doctorado en Gestión de Operaciones por la Universidad de Texas en Austin (mayo de 1985)

Maestría en Ciencias de la Gestión por The National Chiao-Tung University en Taiwán (junio de 1977)

Bachiller en Ciencias, Ingeniería Eléctrica y en Computación por la Universidad Nacional de Taiwán en Taiwán (junio 1975)

El profesor Yih Long-Chang ha publicado en las principales revistas académicas como Annals of Operations Research, European Journal of Operations Research, Investigación Naval de Logística Quarterly, Management Science, International Journal of Production Research, sistema de apoyo de decisión y Letras, Simulación, Oficial de Operaciones de Administración, y Ciencias de la Decisión.

Sus intereses de investigaciones actuales destacan la aplicación e integración de las operaciones de gestión, sistemas de información, ciencias de la gestión, las operaciones de investigación, técnicas de control de calidad, y la mejora de la calidad y la productividad.

El profesor Chang imparte cursos en las áreas de control de calidad, gestión de la tecnología, los sistemas de información de fabricación, las operaciones de planificación y control, y gestión de operaciones.

También ha desarrollado tres paquetes de software, QSB, QSOM, y QS, tanto en versiones para PC y Macintosh, para ayudar en la instrucción y el aprendizaje de las ciencias de gestión, gestión de operaciones y métodos cuantitativos. QSB ha sido valorado el paquete de software superior entre los paquetes similares de OR / MS Today (1986) y de interfaz (septiembre de 1988).

Además, entre las áreas de especialización del profesor Chang se señala:

- Aplicación e integración de Dirección de Operaciones
- Gestión de Ciencia, Investigación Operativa
- Sistemas de Información
- Técnicas de Control de Calidad
- Mejora de la Calidad y Productividad

Anexo 2. Tutorial para la instalación de WinQSB.

1. En el disco proporcionado se encuentra una carpeta llamada “InvOpe1” (Ilustración 1) que contiene distintos archivos como se muestra en la ilustración 2.

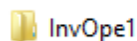


Ilustración 1

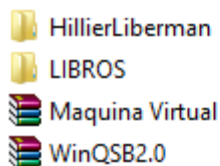


Ilustración 2

2. Copiar y llevar al escritorio la carpeta “Maquina Virtual” (Ilustración 3) y descomprimirla. Hacer lo mismo con la carpeta WinQSB.

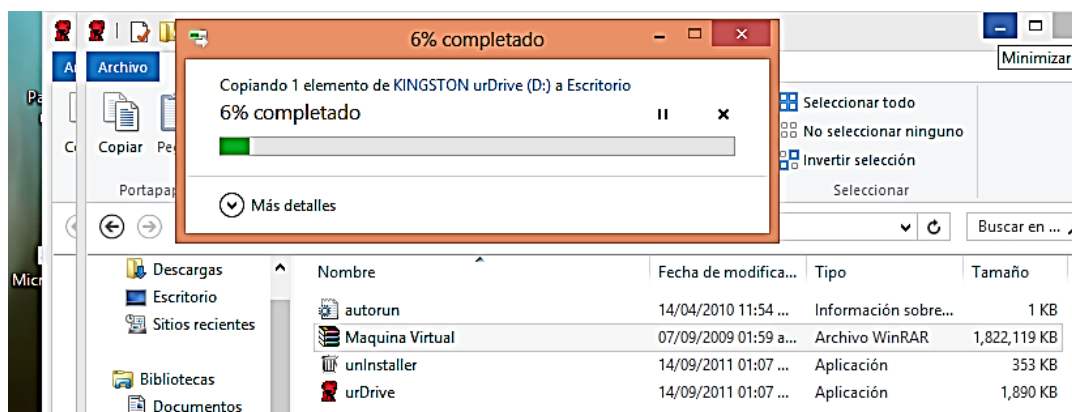


Ilustración 3

3. Abrir el explorador Google y buscar “virtual box” como se muestra en la Ilustración 4.



Google.com.mx también en: [español \(Latinoamérica\)](#)

Ilustración 4

4. De las opciones de páginas obtenidas seleccionar la primera página (www.virtualbox.org) y una pantalla como la que se muestra en la ilustración 5 aparecerá; dar click en "Downloads".



VirtualBox

search...
Login Preferences

Welcome to VirtualBox.org!

VirtualBox is a powerful x86 and AMD64/Intel64 [virtualization](#) product for enterprise as well as home use. Not only is VirtualBox an extremely feature rich, high performance product for enterprise customers, it is also the only professional solution that is freely available as Open Source Software under the terms of the GNU General Public License (GPL) version 2. See "[About VirtualBox](#)" for an introduction.

Presently, VirtualBox runs on Windows, Linux, Macintosh, and Solaris hosts and supports a large number of [guest operating systems](#) including but not limited to Windows (NT 4.0, 2000, XP, Server 2003, Vista, Windows 7), DOS/Windows 3.x, Linux (2.4 and 2.6), Solaris and OpenSolaris, OS/2, and OpenBSD.

VirtualBox is being actively developed with frequent releases and has an ever growing list of features, supported guest operating systems and platforms it runs on. VirtualBox is a community effort backed by a dedicated company: everyone is encouraged to contribute while Oracle ensures the product always meets professional quality criteria.

Hot picks:

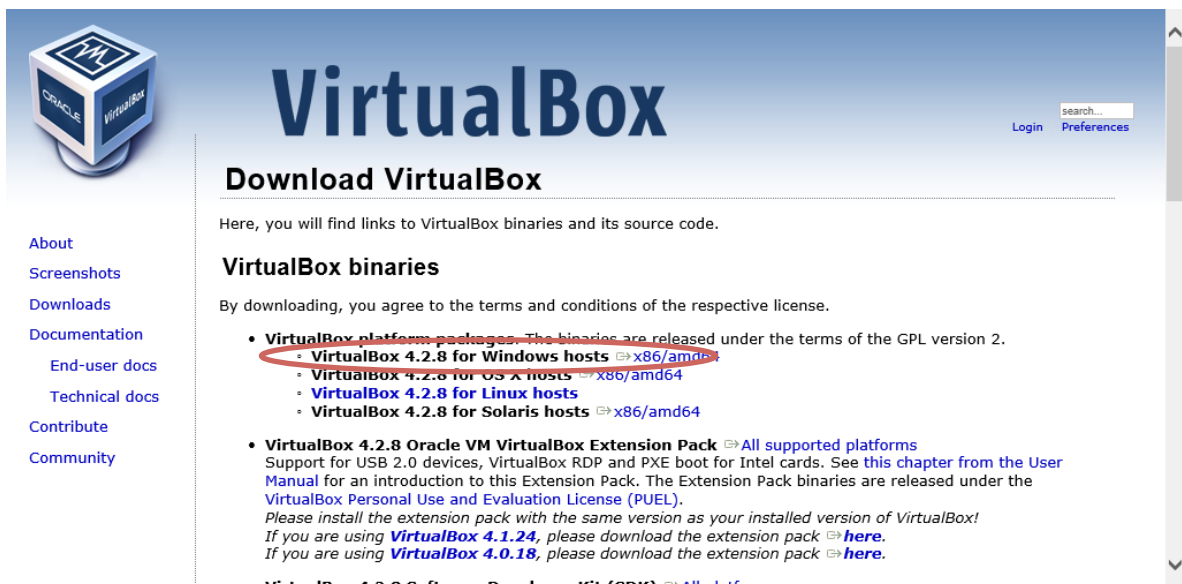
<https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads> built virtual machines for developers over at [Oracle Tech Network](#)

News Flash

- New February 28th, 2013 VirtualBox 4.2.8 released!**
Oracle today released VirtualBox 4.2.8, a maintenance release of VirtualBox 4.2 which improves stability and fixes regressions. See the [ChangeLog](#) for details.
- New September 13th, 2012 VirtualBox 4.2 released!**
Read the official [press release](#) for more details.
- New December 19th, 2012 VirtualBox 4.1.24 released!**
Oracle today released VirtualBox 4.1.24, a maintenance release of VirtualBox 4.1 which improves stability and fixes regressions. See the [ChangeLog](#) for details.
- Attention January 20th, 2012 This site has switched to Oracle**

Ilustración 5

5. A continuación aparece una pantalla como la Ilustración 6 en la cual debe seleccionar "VirtualBox 4.2.8", según el sistema operativo con el que cuenten (en este caso se selecciona para Windows).



VirtualBox

search...
Login Preferences

Download VirtualBox

Here, you will find links to VirtualBox binaries and its source code.

VirtualBox binaries

By downloading, you agree to the terms and conditions of the respective license.

- ~~VirtualBox platform packages.~~ The binaries are released under the terms of the GPL version 2.
 - VirtualBox 4.2.8 for Windows hosts** [⇒ x86/amd64](#)
 - VirtualBox 4.2.8 for OS X hosts [⇒ x86/amd64](#)
 - VirtualBox 4.2.8 for Linux hosts
 - VirtualBox 4.2.8 for Solaris hosts [⇒ x86/amd64](#)
- VirtualBox 4.2.8 Oracle VM VirtualBox Extension Pack** [⇒ All supported platforms](#)
Support for USB 2.0 devices, VirtualBox RDP and PXE boot for Intel cards. See [this chapter from the User Manual](#) for an introduction to this Extension Pack. The Extension Pack binaries are released under the [VirtualBox Personal Use and Evaluation License \(PUEL\)](#).
Please install the extension pack with the same version as your installed version of VirtualBox!
If you are using **VirtualBox 4.1.24**, please download the extension pack [⇒ here](#).
If you are using **VirtualBox 4.0.18**, please download the extension pack [⇒ here](#).

VirtualBox 4.2.8 Software Development Kit (SDK) [⇒ All platforms](#)

Ilustración 6

6. Antes de comenzar la instalación la página arrojará tres pantallas como las que se muestran de las ilustraciones 7 a la 9, en las cuales deberá dar clic “Next”.



Ilustración 7

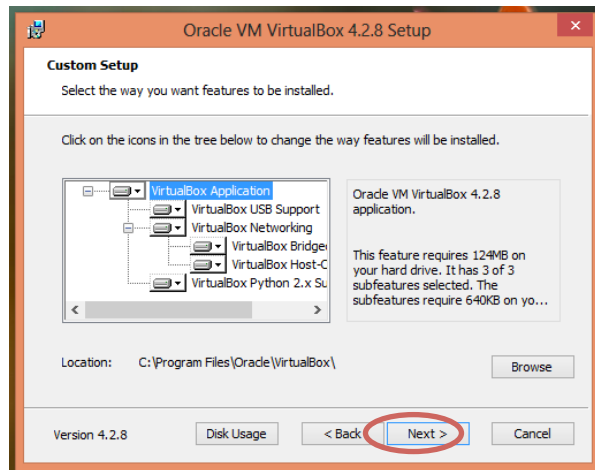


Ilustración 8

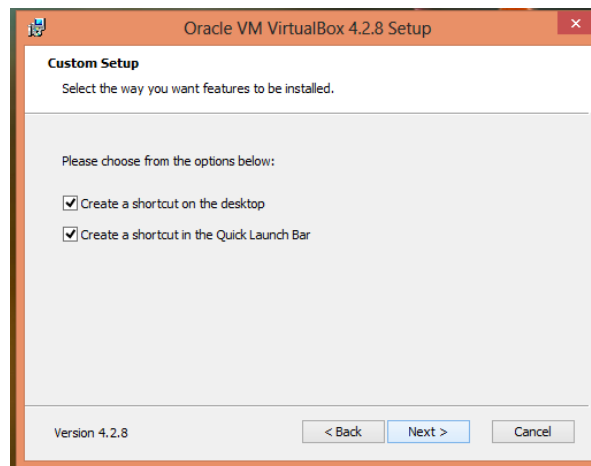


Ilustración 9

7. Posteriormente, en una ventana de verificación le preguntará si desea proceder con la instalación (ilustración 10) a la cual debe pulsar el botón “Yes”.

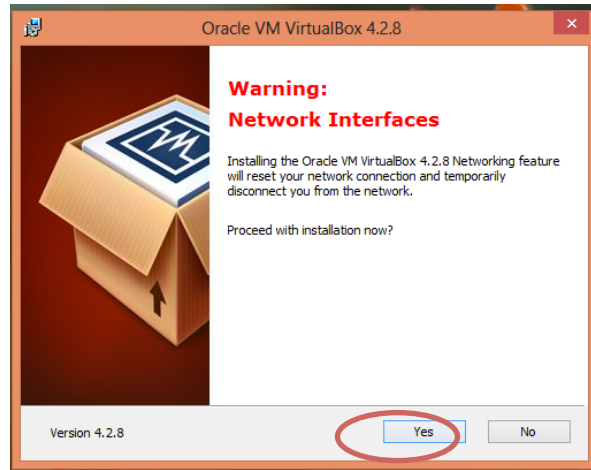


Ilustración 10

8. Una ventana de confirmación aparecerá (Ilustración 11), debe dar click en “Install”, después de esto aparecerá otra pantalla en la cual ira indicando el proceso de intalación (Ilustración 12).

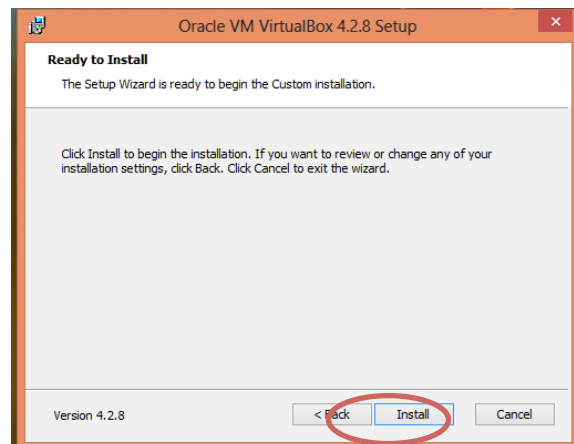


Ilustración 11

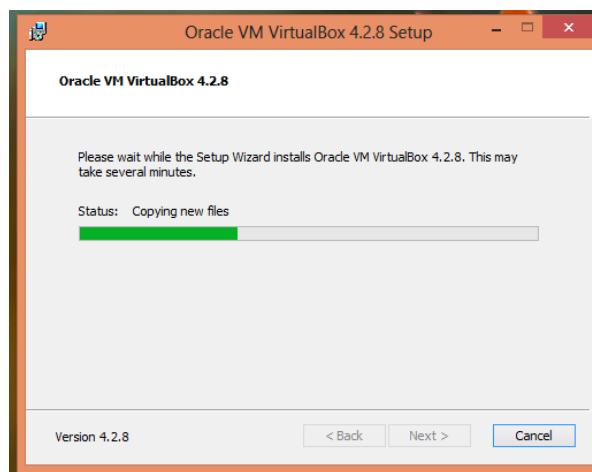


Ilustración 12

9. Por último una ventana le informará (Ilustración 13) que ha finalizado la instalación, para terminar dar clic en “Finish”.



Ilustración 13

10. Al terminar de instalarse, se abrirá una ventana (Ilustración 14) y a los dos segundos otra ventana (Ilustración 15) la cual le pedirá escribir un Nombre, Tipo: Microsoft Windows y Versión Windows XP. Al terminar de escribir esto dar clic “Siguiente”.

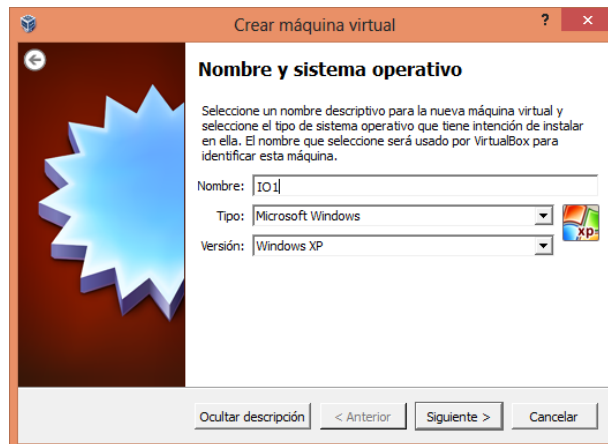


Ilustración 14

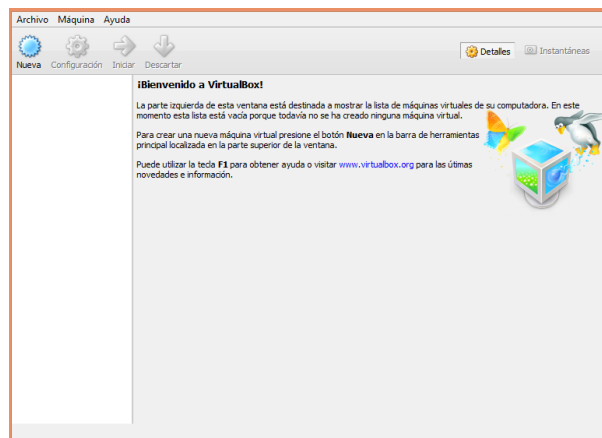


Ilustración 15

11. Le aparecerá otra ventana (Ilustración 16) donde se pide que seleccione cuantos MB quiere que la máquina virtual ocupe. Para revisar la memoria RAM de nuestro equipo deberá ir al **PANEL DE CONTROL > SISTEMA Y SEGURIDAD > VER CANTIDAD DE MEMORIA RAM**. *Recomendación:* para el buen funcionamiento de la máquina virtual 512 MB. Después de esto dar clic “Siguiente”.

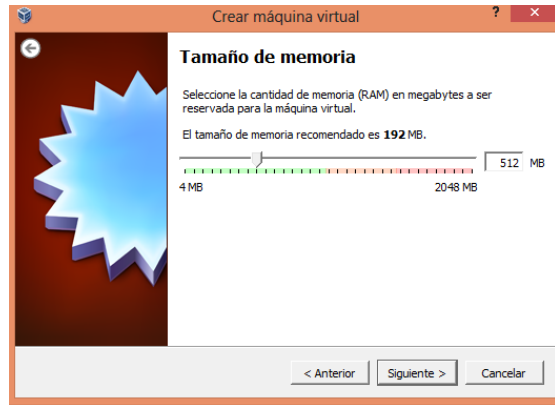


Ilustración 16

12. En la siguiente ventana (Ilustración17) activar casilla “Usar un archivo de disco duro virtual”, dar clic en el icono que tiene como figura una carpeta; buscar y seleccionar en el escritorio el icono que dice “Curso hard disk” y dar clic en “Abrir” (Ilustración18). Previamente extraído de la carpeta “InvOpe1” > “Máquina Virtual”. En la siguiente ventana dar clic en “Crear” (Ilustración19).

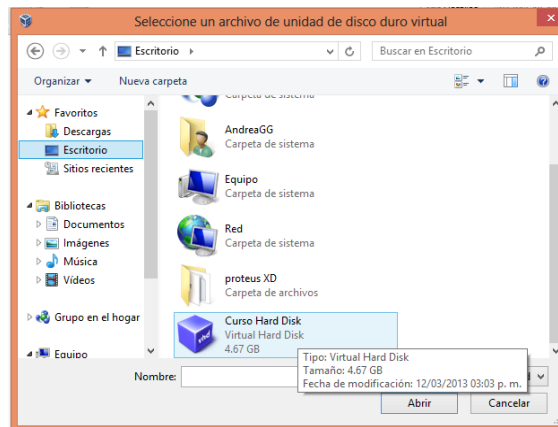


Ilustración 17

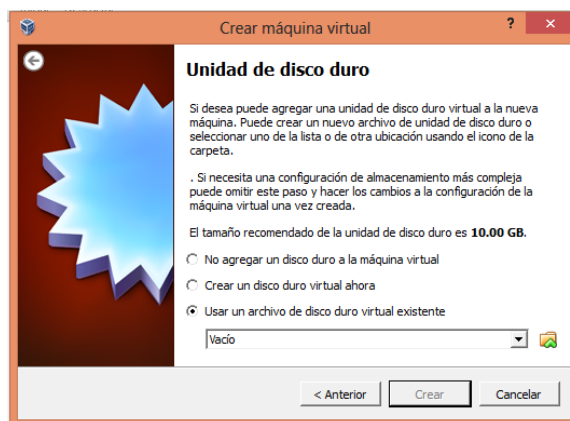


Ilustración 18

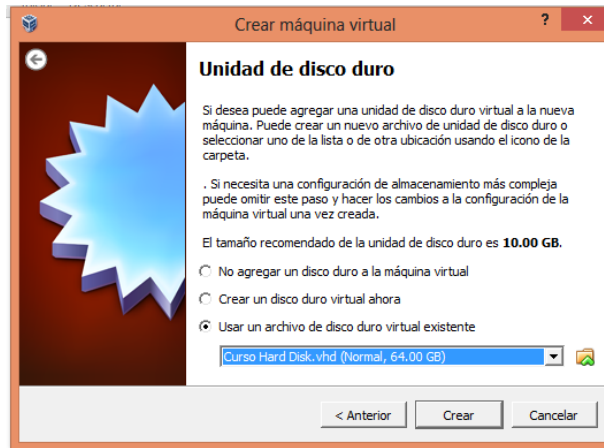


Ilustración 19

13. En la ventana que aparece (Ilustración 20) seleccionar la pestaña de “Configuración”.

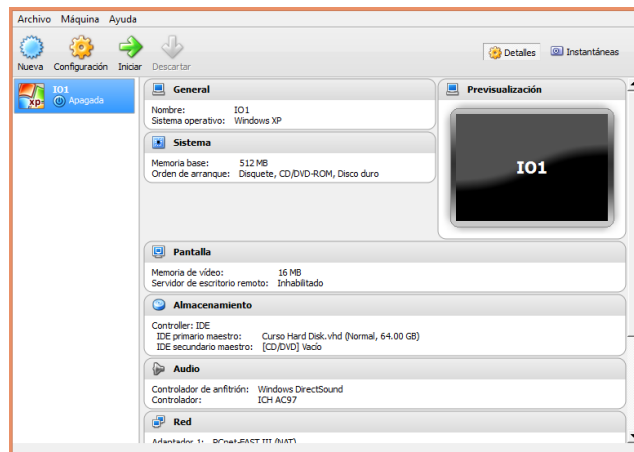


Ilustración 20

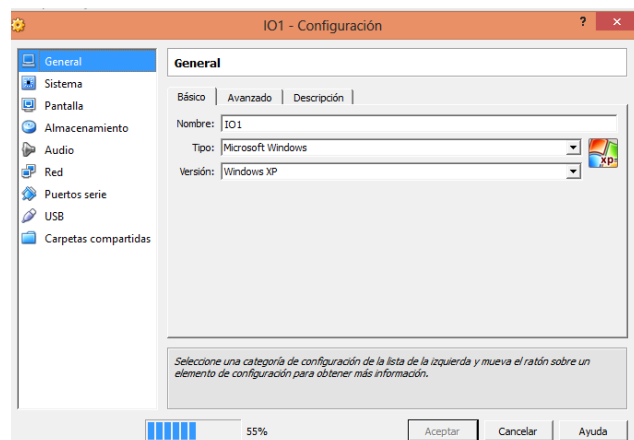


Ilustración 21

14. Dar clic en la pestaña “Avanzado” y seleccionar tanto en Compartir portapapeles como en Arrastrar y soltar: “Anfitrión a invitado” (Ilustración 22).

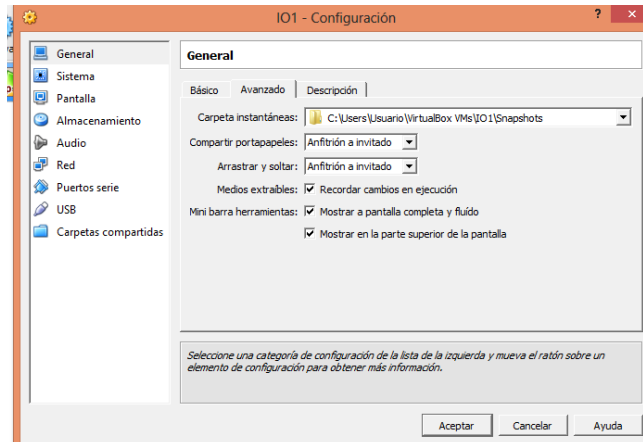


Ilustración 22

15. Dar clic en la pestaña “Sistema” y asegurarse de que esté seleccionado Red en el Orden de arranque (Figura 23).

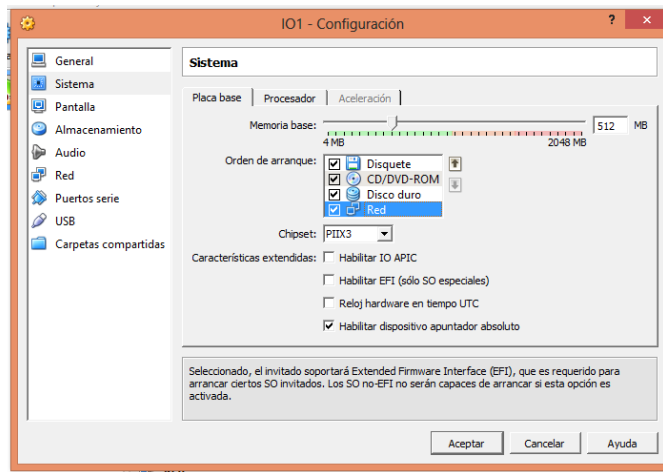


Ilustración 23

16. En la pestaña de “Carpetas compartidas” dar clic en el icono de agregar (Ilustración 24).

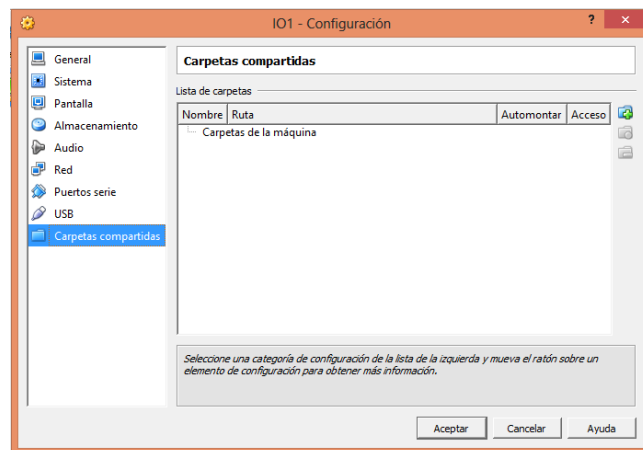


Ilustración 24

17. En ruta de carpeta seleccionar del Escritorio la carpeta comprimida de WinQSB (Ilustración 25 y Ilustración 26).

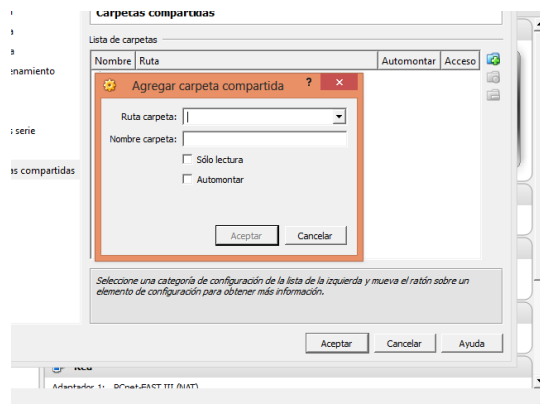


Ilustración 25

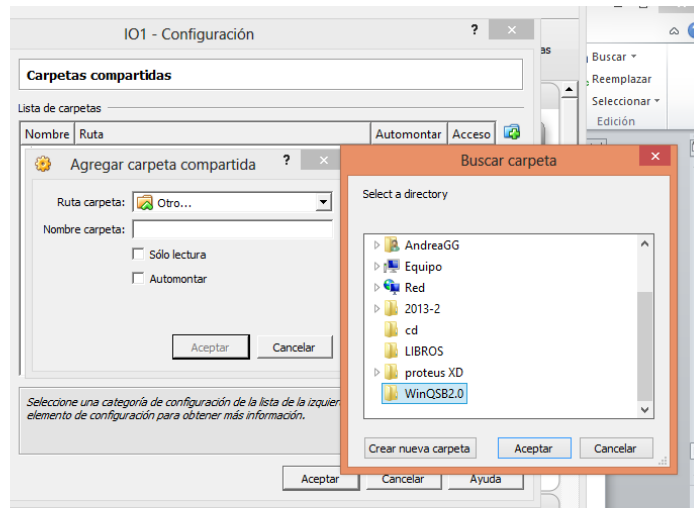


Ilustración 26

18. Dar clic en Aceptar y en la siguiente ventana igualmente Aceptar (Ilustración 27).

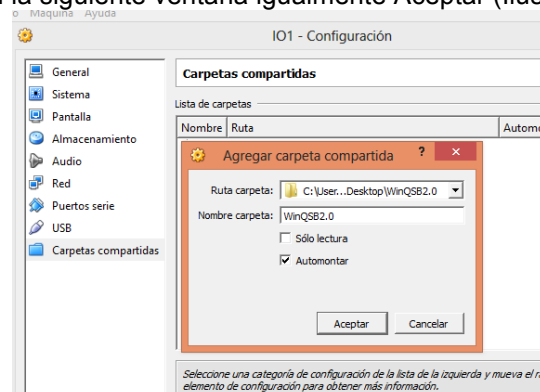


Ilustración 27

19. Regresará a la ventana principal. Dar clic en “Iniciar” para hacer correr la Máquina Virtual (Ilustración 28).

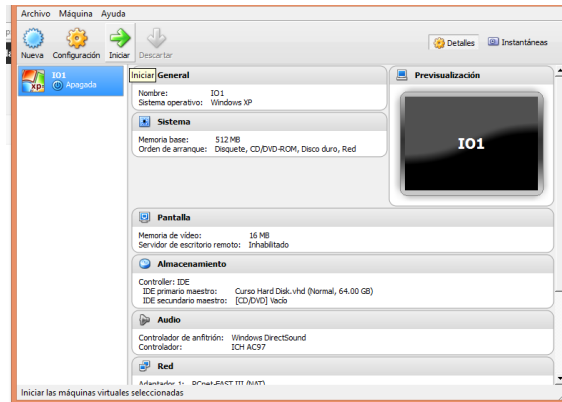


Ilustración 28

- NOTA: Si el mouse no está habilitado será necesario instalar algunos complementos.
20. En la ventana de información que aparece dar clic en “Aceptar” (Ilustración 29).

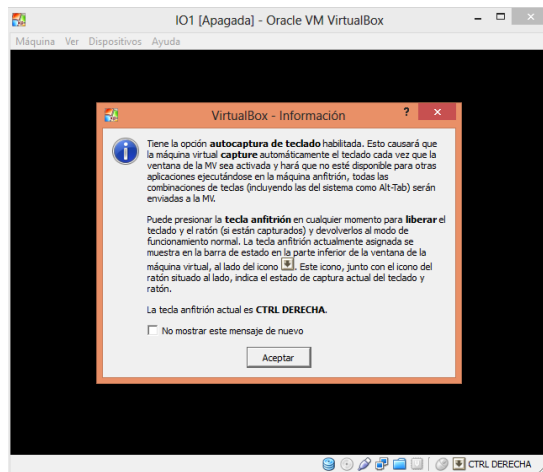


Ilustración 29

21. Posteriormente seleccionar el menú “Dispositivos” y oprimir la opción “Instalar Guest Additions” (Ilustración 30).

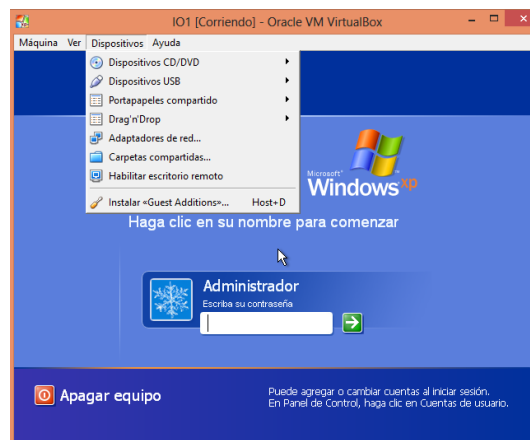


Ilustración 30

22. Por último entrar nuevamente a la página de VirtualBox. Dar clic en “Downloads” y descargar “All supported platforms” (Ilustración 31).

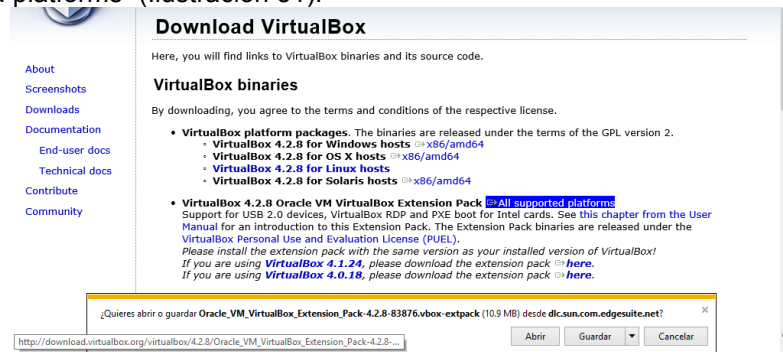


Ilustración 31

23. Instalar nuevamente (Ilustración 32).

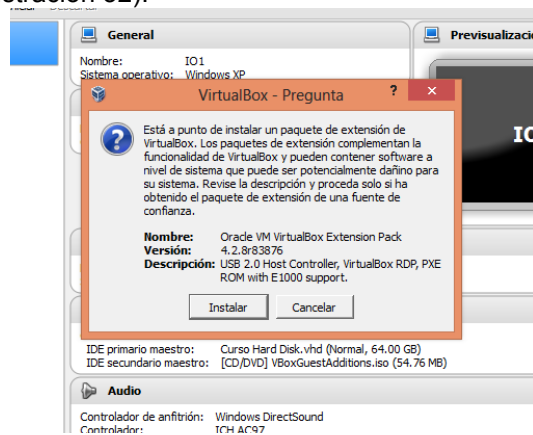


Ilustración 32

24. Se anunciará que la Máquina Virtual ha sido instalada correctamente (Ilustración 33).

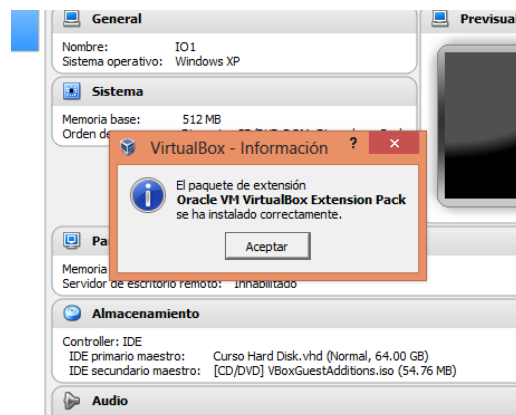


Ilustración 33

25. Iniciar de nuevo la máquina virtual y ya habilitado el teclado escribir como contraseña poner **SIAT**.

Tabla de ilustraciones.

FIGURA 1. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	9
FIGURA 2. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA DEL PRODUCTOR DE CAFÉ. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	11
FIGURA 3. MATRIZ LOCALIDADES-FLUJO/COSTO UNITARIO Y COORDENADAS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	12
FIGURA 4. MATRIZ CON EL FLUJO Y COORDENADAS DEL PROBLEMA DEL PRODUCTOR DE CAFÉ. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	12
FIGURA 5. MENÚ EDIT FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	12
FIGURA 6. MENÚ SOLVE AND ANALIZE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	13
FIGURA 7. MÉTODOS DE SOLUCIÓN PARA LOCALIZACIÓN DE PLANTA. FUENTE. IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	13
FIGURA 8. ÉTODO DE SOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA DEL PRODUCTOR DE CAFÉ. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	14
FIGURA 9. COORDENADAS DE LA NUEVA LOCACIÓN ASIGNADA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	14
FIGURA 10. TABLA DE RESULTADOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	15
FIGURA 11. MENÚ RESULTAS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	15
FIGURA 12. ANÁLISIS DE LA LOCACIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	15
FIGURA 13. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA LOCACIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	16
FIGURA 14. DISTANCIA ENTRE LOCACIONES. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	16
FIGURA 15. ANÁLISIS DE LA LOCACIÓN RENTADA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	17
FIGURA 16. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA LOCACIÓN RENTADA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	17
FIGURA 17. ESPECIFICACIONES DEL PROBELAMA DE LA TIENDA DE RETAIL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	18
FIGURA 18. MATRIZ DATOS INICIALES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	18

FIGURA 19. MENÚ SOLVE AND ANALIZE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	19
FIGURA 20. OPCIONES DE SOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA DEL DISEÑO FUNCIONAL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	19
FIGURA 21. LAYOUT INICIAL DE LA TIENDA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	20
FIGURA 22. 1A ITERACIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	21
FIGURA 23. LAYOUT FINAL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	21
FIGURA 24. ANÁLISIS DEL LAYOUT. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	22
FIGURA 25. DISTANCIAS DEL LAYOUT. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	22
FIGURA 26. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	23
FIGURA 27. TABLA DE DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	24
FIGURA 28. MENÚ SOLVE AND ANALYSE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	24
FIGURA 29. OPCIONES DE SOLUCIÓN DEL BALANCEO DE LÍNEA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	25
FIGURA 30. SOLUCIÓN DEL BALANCEO DE LÍNEA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	25
FIGURA 31. MENÚ RESULTS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	26
FIGURA 33. BALANCEO DE LÍNEA EN GRÁFICO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FACILITY LOCATION AND LAYOUT.	26
FIGURA 34. MENÚ FILE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION.	28
FIGURA 35. ESPECIFICACIONES INICIALES DEL PROBLEMA. FUENTE: FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	28
FIGURA 36. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA DE MUEBLES. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	29
FIGURA 37. TABLA PARA INTRODUCIR LOS DATOS HISTÓRICOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	29
FIGURA 38. TABLA CON LOS DATOS HISTÓRICOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION.	30
FIGURA 40. VENTANA CON LOS MÉTODOS DE SOLUCIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	30
FIGURA 41. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN PROMEDIO SIMPLE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	31

FIGURA 42. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN PROMEDIO MÓVIL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	31
FIGURA 43. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN PROMEDIO MÓVIL PONDERADO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	31
FIGURA 44. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN PROMEDIO MÓVIL CON TENDENCIA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	32
FIGURA 45. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	32
FIGURA 46. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE CON TENDENCIA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	33
FIGURA 47. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	34
FIGURA 48. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE CON TENENCIA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	35
FIGURA 49. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN SUAVIZADO EXPONENCIAL ADAPTADO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	35
FIGURA 50. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN REGRESIÓN LINEAL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	35
FIGURA 51. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN ALGORITMO ADITIVO HOLT -WINTERS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	36
FIGURA 52. CARACTERÍSTICA DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN ALGORITMO MULTIPLICATIVO HOLT-WINTERS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	37
FIGURA 53. CARACTERÍSTICAS DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE MUEBLES. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	37
FIGURA 54. RESULTADOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	38
FIGURA 56. ÍCONO DEL PRONÓSTICO GRÁFICO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	38
FIGURA 57. GRÁFICA DEL PRONÓSTICO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	38
FIGURA 58. MÉTODOS DE SOLUCIÓN PARA EL PRONÓSTICO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	39
FIGURA 59. RESULTADOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	39
FIGURA 60. GRÁFICA CON LOS DOS MÉTODOS DE PRONÓSTICO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	40

FIGURA 61. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION.....	41
FIGURA 63. MENÚ EDIT. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	42
FIGURA 65. DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	42
FIGURA 67. VENTANA DE REGRESIÓN LINEAL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION.....	43
FIGURA 68. RESULTADOS DE LA REGRESIÓN LINEAL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION.....	43
FIGURA 70. TABLA ANOVA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	44
FIGURA 71. MENÚ RESULTS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	44
FIGURA 72. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	45
FIGURA 74. ESTIMACIÓN Y PREDICCIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	45
FIGURA 75. VALOR PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION	46
FIGURA 76. RESULTADOS DE LA PREDICCIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO FORECASTING AND LINEAR REGRESSION.....	46
FIGURA 78. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA DE INVENTARIO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	49
FIGURA 80. TABLA CON LOS DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	50
FIGURA 82. RESULTADOS DEL PROBLEMA DE EOQ. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	50
FIGURA 84. PREPARACIÓN DE LA CURVA DE COSTO DE INVENTARIO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	51
FIGURA 85. ANÁLISIS GRÁFICO DEL COSTO DE INVENTARIO DE UN AÑO PARA IN THE MONITOR FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	52
FIGURA 87. PREPARACIÓN DEL PERFIL DE INVENTARIO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	53
FIGURA 88. PERFIL DE INVENTARIO PARA LA EMPRESA IN THE MONITOR. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	53
FIGURA 89. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	54

FIGURA 90. TABLA PARA INTRODUCIR LOS DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	55
FIGURA 92. CORTES POR DESCUENTO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	55
FIGURA 94. MENÚ SOLVE AND ANALYZE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	56
FIGURA 96. MENÚ EDIT. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	57
FIGURA 97. CARACTERÍSTICAS DEL DESCUENTO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	58
FIGURA 98. MENÚ SOLVE AND ANALYZE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	58
FIGURA 100. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA DE INVENTARIO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	59
FIGURA 102. MÉTODOS DEL TAMAÑO DE LOTE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	61
FIGURA 104. TABLA DE RESULTADOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	62
FIGURA 105. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA DE INVENTARIO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	63
FIGURA 107. FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	64
FIGURA 108. TABLA CON LOS DATOS INICIALES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	65
FIGURA 110. TABLA DE RESULTADOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	66
FIGURA 112. TABLA PARA INTRODUCIR LOS DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	67
FIGURA 113. TABLA CON LOS DATOS INICIALES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	68
FIGURA 114. OPCIONES DEL SISTEMAS DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	68
FIGURA 115. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA CON UN NIVEL DE SERVICIO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS	70
FIGURA 116. RESUMEN DE RESULTADOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	70
FIGURA 117. MENÚ RESULTS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS....	71

FIGURA 118. OPCIONES DEL GRÁFICO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	71
FIGURA 119. GRÁFICO DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO INVENTORY THEORY AND SYSTEMS.....	72
FIGURA 120. PANTALLA INICIAL DEL MÓDULO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	73
FIGURA 122. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	74
FIGURA 124. DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	76
FIGURA 126. MENÚ SOLVE AND ANALYZE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	77
FIGURA 128. PLAN DE PRODUCCIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	79
FIGURA 130. ANÁLISIS DE COSTOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	80
FIGURA 132. GRÁFICA DE BARRAS PERIODO-CANTIDAD. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	81
FIGURA 133. RESUMEN DE RESULTADOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	81
FIGURA 134. ANÁLISIS DE COSTOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	82
FIGURA 135. GRÁFICA DE BARRAS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	82
FIGURA 136. RESUMEN DE RESULTADOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	82
FIGURA 137. ANÁLISIS DE COSTO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	83
FIGURA 138. GRÁFICA DE BARRAS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO AGGREGATED PLANNING.....	83
FIGURA 139. DIAGRAMA DE ÁRBOL DEL PROBLEMA. FUENTE: CHASE, R., JACOBS, F., AQUILANO, N., (2009).....	84
FIGURA 140. DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	85
FIGURA 141. MENÚ FILE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	85
FIGURA 143. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	86
FIGURA 144. TABLA PARA INTRODUCIR LOS DATOS DEL PROGRAMA MAESTRO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	86
FIGURA 145. DATOS PARA EL PLAN MAESTRO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	87
FIGURA 146. MENÚ VIEW. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	87
FIGURA 147. PLANTILLA PARA LA LISTA DE MATERIALES. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	88
FIGURA 149. MENÚ VIEW. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	88
FIGURA 150. TABLA PARA LOS DATOS DEL PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	89
FIGURA 152. MENÚ VIEW. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING.....	89

FIGURA 153. PLANTILLA PARA EL INVENTARIO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	90
FIGURA 155. MENÚ RESULTS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	90
FIGURA 157. DIAGRAMA DE ÁRBOL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	91
FIGURA 158. MENÚ SOLVE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	92
FIGURA 159. SELECCIÓN DE REPORTE MRP. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	92
FIGURA 160. REPORTE DE LOS ÍTEMS M, N Y P. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	93
FIGURA 161. REPORTE DE LOS ÍTEMS R, S Y T. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	93
FIGURA 162. REPORTE DEL ÍTEM U. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	94
FIGURA 164. LISTA DE ACCIONES. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	94
FIGURA 166. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	95
FIGURA 167. MENÚ RESULTS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO MATERIAL REQUIREMENT PLANNING	95
FIGURA 169. MENÚ FILE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING.....	96
FIGURA 171. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING ..	98
FIGURA 172. TABLA PARA LOS DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING	98
FIGURA 174. MENÚ SOLVE AND ANALYZE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING.....	98
FIGURA 175. SOLUCIÓN PARA EL FLUJO DE TIENDA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING	99
FIGURA 176. PROGRAMACIÓN DE TRABAJOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING.....	99
FIGURA 178. PROGRAMACIÓN DE LAS MÁQUINAS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING	100
FIGURA 179. MENÚ RESULTS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING.....	101
FIGURA 180. DIAGRAMA DE GANTT POR TRABAJO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING	101
FIGURA 181. MENÚ RESULTS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING.....	102
FIGURA 182. DIGARAMA DE GANTT POR MÁQUINA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING	102
FIGURA 184. SECUENCIA DE TRABAJO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING.....	103
FIGURA 186. ESPECIFICACIONES DEL ANÁLISIS GRÁFICO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING.....	103

FIGURA 187. GRÁFICA DE BARRAS DE LA UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO JOB SCHEDULING	104
FIGURA 189. MENÚ FILE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	105
FIGURA 191. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	108
FIGURA 193. TABLA CON LOS DATOS RECOLECTADOS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	109
FIGURA 195. CAMBIO DE NOMBRE DE LA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	110
FIGURA 198. LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	110
FIGURA 201. CONFIGURACIÓN DEL DIAGRAMA DE CONTROL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	112
FIGURA 204. MENÚ GALLERY. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	114
FIGURA 205. DIAGRAMA DE CONTROL X. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	115
FIGURA 207. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	116
FIGURA 208. MENÚ FILE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	117
FIGURA 209. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS.	117
FIGURA 211. TABLA CON LOS DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	118
FIGURA 213. CONFIGURACIÓN DEL DIAGRAMA DE CONTROL. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS	119
FIGURA 215. DIAGRAMA DE CONTROL C. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO QUALITY CONTROL CHARTS.	120
FIGURA 216. MENÚ FILE. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS.	122
FIGURA 217. PLANTILLA DE ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS	122
FIGURA 218. ESPECIFICACIONES DEL PROBLEMA PLANTEADO. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS	123
FIGURA 220. DATOS DEL PROBLEMA. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS	125
FIGURA 222. CONFIGURACIÓN DE LA CURVA OC. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS.....	126

FIGURA 224. MENÚ SOLVE AND ANALYSIS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS	127
FIGURA 226. MENÚ RESULTS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS ..	129
FIGURA 228. MENÚ SOLVE AND ANALYSIS. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS	130
FIGURA 229. RIESGO DEL PRODUCTOR Y DEL CONSUMIDOR. FUENTE: IMPRESIÓN DE PANTALLA DEL MÓDULO ACCEPTANCE SAMPLING ANALYSIS	130

TABLAS.

TABLA 1. COORDENADAS DEL PROBLEMA DEL PRODUCTOR DE CAFÉ. FUENTE: NOTAS DE CLASE DE LA M.I. SUSANA CASY TÉLLEZ BALLESTEROS DEL SEMESTRE 2012-2.	11
TABLA 2. FLUJO Y COORDENADAS DEL PROBLEMA DE LA TIENDA DE <i>RETAIL</i> . FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	18
TABLA 3. DATOS PARA EL BALANCEO DE LÍNEA. FUENTE: DESAI, K., (2003).....	23
TABLA 4. DATOS DE LA DEMANDA DEL PROBLEMA. FUENTE: NOTAS DE CLASE DEL M.I. RICARDO TORRES MENDOZA DEL SEMESTRE 2013-1	59
TABLA 5. DATOS PARA EL PROBLEMA DEL FLUJO DE TIENDA. FUENTE: DESAI, K., (2003).....	97
TABLA 6. DATOS RECOLECTADOS. FUENTE: DESAI, (2003).....	108
TABLA 7. DATOS DE LA MUESTRA OBTENIDA. FUENTE: DESAI, K., (2003)	117