

# Desarrollo de un Sistema Estratégico de Planificación de Inventarios, como Soporte al Proceso de Expansión de la Red Celular, en una Empresa de Telecomunicaciones

Luis Felipe Pérez Bravini

*Ingeniero industrial*

Este Trabajo fue presentado por la Universidad Católica Andrés Bello, en el IX Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Industrial, obteniendo el primer lugar como proyecto de investigación concursante, en el área de Innovación y Tecnología. Maracaibo - estado Zulia, octubre del 1999.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los tiempos de respuesta para la toma de decisiones, el establecimiento de una buena comunicación y la transmisión de información de un lugar a otro, revisten vital importancia. El servicio celular proporciona la libertad de cumplir con estos objetivos. Esta tecnología, brinda la ventaja de establecer un enlace, personal e inmediato, del usuario con sus actividades de tipo social, económicas, etc.

Sin embargo, lo que representa para el cliente un servicio útil y práctico, para las empresas encargadas del suministro, representa una gran responsabilidad, ya que, detrás de la comunicación celular, existe una maquinaria que permite garantizar su calidad: personal altamente especializado y equipos de última tecnología.

La presencia física de estos elementos, es requerida para satisfacer los niveles de cobertura exigidos por los usuarios, haciendo indispensable, el manejo de una infraestructura plenamente funcional y en constante crecimiento.

Es aquí donde los suministros y otros factores tales como: recursos humanos y financieros, deben ser gerenciados de manera tal, que se minimice el impacto de las variaciones del entorno sobre las actividades de la empresa.

En consecuencia, surge la necesidad de emplear la "Planificación Estratégica", como soporte del proceso de expansión de la red celular, a fin de garantizar la presencia de los materiales requeridos, para establecer las nuevas áreas de cobertura, contemplando aquellas actividades que orientan la toma de decisiones a futuro "Planeación", así como las que producen la estructuración de las tareas y niveles de responsabilidad "Organiza-

don", asegurando que el desempeño global de los procesos, ocurra de acuerdo con lo planeado "Control".

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Sistema Estratégico de Plaiticación de inventario, se fundamentó en una experiencia particular proporcionada por una de las primeras empresas en ofrecer el servicio de la telefonía celular en Venezuela. A tal efecto, el producto de la investigación se limitó, en primera instancia, a un caso único de estudio, el cual, por respecto a los derechos de propiedad e información de la compañía se presenta como: MODELO C.A.

## ANTECEDENTES

La incursión de MODELO C.A. en el mercado nacional, produjo rápidamente grandes expectativas. Aquellos clientes que estaban representados por un número reducido de habitantes, concentrados en las principales ciudades del país, fueron incrementándose a lo largo y ancho de todo el territorio nacional demandando cada vez más y mejor servicio.

De esta manera, MODELO C.A., decide establecer una alianza estratégica con una empresa líder en telecomunicaciones a escala mundial, a fin de que ésta supliese los equipos para conformar el sistema celular, como su soporte técnico.

Durante años, dicha empresa se encargó de dotar, masivamente, a MODELO C.A., los equipos necesarios para conformar una infraestructura, capaz de satisfacer a un mercado en pleno crecimiento. Sin embargo, un hecho trascendental definió un nuevo rumbo en la política de administración de materiales por parte de la empresa: **la tecnología.**

Como consecuencia del desarrollo de nuevos modelos de celdas' y equipos, por parte de su aliado estratégico, MODELO C.A. se vio obligada a ir adaptándose a estos cambios, pero, el hecho de ya poseer una amplia infraestructura celular, cuyo desempeño venía siendo satisfactorio, capaz de ofrecer un buen servicio a un costo inferior al que se incurriría al implementar masivamente estas nuevas tecnologías, estimuló la autogestión de materiales por parte de la empresa.

Así nace el desarrollo de un sistema celular mixto, compuesto por equipos de avanzada tecnología suministrados por su proveedor aliado y por equipos adquiridos de manera independiente, por parte de MODELO C.A.

Desde el punto de vista de la planificación de inventarias, los equipos de celda, pertenecientes a viejas generaciones, representan el centro de la atención. Esto se debe, a que las celdas nuevas, vienen constituidas por todas y cada una de las partes necesarias para su ensamblaje, por lo cual la adquisición de equipos complementarios, para su instalación, no se hace necesario. En cambio, para la construcción de una celda cuya tecnología no es tan reciente, los materiales asociadas a este proceso, deben ser obtenidos de manera independiente, bien sea mediante la compra a proveedores o empleando las existencias en almacén.

Entonces, ¿Por qué seguir empleando celdas que tecnológicamente expiraron, cuando éstas requieren un tratamiento especial en comparación a los equipos de vanguardia, en un campo tan innovador como el de las telecomunicaciones?. La respuesta es la siguiente:

Cuando se posee un tipo de celda, cuyo funcionamiento sigue siendo satisfactorio en lo que al servicio se refiere, del cual se poseen altos niveles de inventario y que tiene un precio de mercado mucho menor que sus similares más recientes, se tiene la oportunidad de disminuir los costos operativos de la empresa y de sobrellevar los cambios tecnológicos, de una manera menos drástica, desde el punto de vista técnico y financiero.

De igual modo, el hecho de establecer una cultura de planificación y gestión de materiales, en una empresa donde la tecnología marca la pauta de su servicio, hace que los cambios, a los que esta se vea sometida, no incidan de una forma tan radical en su estructura de costos.

Por esta razón, surge la necesidad de emplear la planificación de inventarios, como soporte del proceso de expansión de la red celular, a fin de garantizar la pre-

senda de los materiales requeridos, para conformar las celdas que, por cambios en su tecnología, pasaron a formar parte de generaciones pasadas.

## OBJETIVOS

### OBJETIVOS GENERALES

"Desarrollar un Sistema Estratégico de Planificación de Inventario"

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer una estrategia de planificación de inventario que tome en consideración los mecanismos, para la adquisición y entrega de equipos, así como sus costos asociados y restricciones presupuestarias.
2. Determinar la cantidad necesaria de equipos en almacén, tomando en consideración los requerimientos de expansión de la red celular, así como los estándares de cobertura.
3. Identificar el momento adecuado para la adquisición de equipos, así como la cantidad que deberá solicitarse de ellos.
4. Establecer una metodología para el proceso de solicitud de equipos.
5. Plantear las acciones a tomar para la aplicación del sistema propuesto.

## LA ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS

La Gerencia de Planificación y Equipos es el ente encargado de planear la adquisición de los insumos requeridos, para efectuar la expansión de la red celular. A tal fin, este departamento, debe identificar las variables que inciden directamente en el consumo de los materiales y así cumplir satisfactoriamente con su demanda.

Según las cuatro grandes ramas en que se agrupan los componentes de las celdas celulares: Antenas, equipos de celda, equipos de potencia y microondas; esta gerencia dispone de personal encargado de cubrirlo concerniente a cada uno de estos grupos. No obstante, elementos tan importantes como el conocimiento real de la demanda, el comportamiento de los proveedores, los niveles de inventario adecuados, así como sus costos asociados, son ajenos al departamento, por lo que las labores de planificación no cuentan con un respaldo técnico que soporte la toma de decisiones.

## DEBILIDADES

**Los Clientes:** Es necesario que Planificación y Equipos identifique las necesidades de sus clientes y que aplique metodologías de análisis y pronóstico, que permitan definir la demanda de los materiales.

**Los Materiales:** No existe una clasificación de los materiales, que contemple la criticidad de los equipos, sus niveles de consumo y su valor estratégico para la expansión, por lo que la planificación de los inventarios, esta sujeta a grandes posibilidades de error, ya que no se están considerando los elementos claves para el ensamblaje de las celdas.

**Los Costos:** Es obligatorio abordar la planificación de los inventarios, tomando en consideración que se dispone de recursos limitados, y en la medida en que se logren reducir los costos inherentes a este proceso, se estará realizando una mejor labor.

**La Gestión de Inventarios:** Siendo una gerencia de planificación, esta carece de una política integral de gestión, que involucre desde la demanda hasta el de los proveedores, los tiempos estimados de entrega, los tiempos entre pedidos, los puntos de reorden, los stocks de seguridad, y sus costas asociados.

## AMENAZAS

**La Comunicación:** Definitivamente, ningún esfuerzo por llevar a cabo una planificación efectiva, será exitoso, si la información asociada a todo este proceso no es fiable. Para ello la comunicación entre departamentos debe ser lo más clara y precisa posible. De igual modo, una visión aislada de la planeación involucra su fracaso, por lo cual, tanto el cliente como su servidor, deben interactuar y brindar la oportunidad de retroalimentar sus gestiones a fin de obtener el progreso mutuo (Ganar— Ganar).

## FORTALEZAS

**El Personal:** Existe la posibilidad de realizar la evolución de la planeación de los inventarios, mediante profesionales que poseen las herramientas para establecer e interpretar las variables involucradas en este proceso.

**Recursos:** La posibilidad asignar recursos en el ámbito de formación e instrucción técnica como soporte a la planificación es grande.

**La Tecnología:** A través de la red interna de MODELO C.A., existe la oportunidad del intercambio inmediato de información. Así mismo, el sistema administrativo con que cuenta la empresa, es desarrollado y mantenido por la Gerencia de Sistemas, lo que ofrece la oportunidad de agregar módulos, para el manejo del inventario.

## OPORTUNIDADES

**Reducción de Costos:** Planificación y Equipos tiene en sus manos la oportunidad de reducir los costos operativos de la empresa, disminuyendo la compra excesiva de equipos, evitando compras urgentes y traslados innecesarios.

**Productividad:** A través de una gestión más eficiente, Planificación y Equipos puede lograr que sus clientes también lo sean, haciendo oportuna la presencia de los materiales requeridos para la expansión celular y reduciendo los costos de penalización.

**Unión:** Planificación y Equipos ha de servir como mecanismo de enlace entre las gerencias del área de ingeniería y las pertenecientes al área administrativa, esto permitirá lograr acciones coordinadas entre los distintos departamentos.

## ESTRATEGIA DE ATAQUE HACIA EL PROBLEMA

Visto el entorno global, que delimita la gestión de materiales, así como definido el perfil del ente encargado de llevar a cabo la planificación de los inventarios, es necesario definir una estrategia que permita dirigir la evolución del proceso actual de planificación, hacia un sistema que sea capaz de suplir de manera acertada, los insumos requeridos para la puesta *en* servicio de celdas análogas de tecnologías anteriores.

Haciendo alusión al caso particular de estudio, y retomando planteamientos señalados con anterioridad, una estructura basada en cuatro eslabones fundamentales (Proveedores, Materiales, Demanda y Gerencia) se convierte en el centro de la atención a la hora de hablar de la Gerencia de Planificación y Equipos:

**Proveedores:** Representan más que una fuente de suministro de materiales. Estos juegan un papel relevante en la estimación del tiempo de planificación, así como sus costos asociados.

**Materiales:** Son el sustento de la red celular y, desde su gestión hasta su consumo, representan un punto clave en la planificación.

**Demanda:** Es el requerimiento de los equipos en sí y representa la razón fundamental de la planificación de materiales. De su estimación y análisis, parte el proceso formal de planeación.

**Gerencia:** Son los vínculos interdepartamentales y los procedimientos y políticas de gestión por las que se rigen las gerencias. Este eslabón comprende, también, el intercambio de información, así como su análisis para la posterior toma de decisiones.

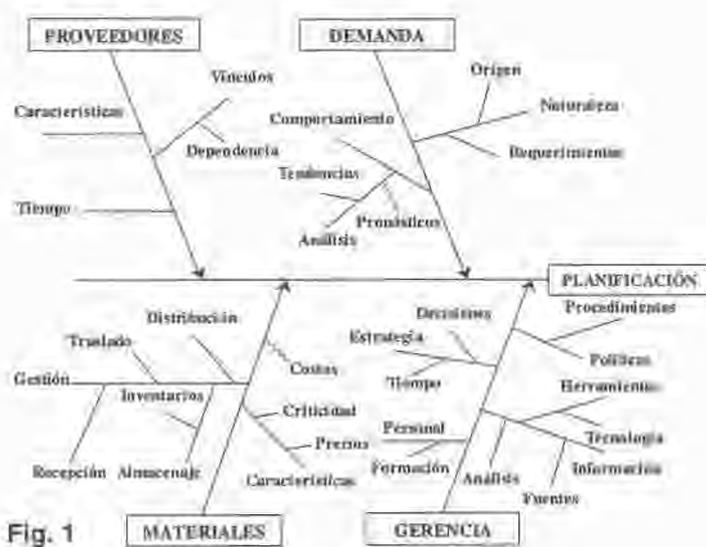


Fig. 1

**LAS CELDAS Y SUS MATERIALES**

**ESTRUCTURA**

Varios tipos de celdas analógicas han sido fabricadas y algunas variaciones, para soportar mejoras en la tecnología y satisfacer los requerimientos de los sistemas celulares alrededor del mundo, se han venido realizando. Sin embargo, a pesar de tales cambios, estas siguen manteniendo una configuración básica:

**Antenas de Radio Frecuencia (RF):** Son dispositivos encargados de recibir y emitir señales de radio. En el caso de recepción, reciben las señales originadas por móviles, en el caso de transmisión, irradian la potencia que le entrega el canal de voz o de señalización que se encuentra en la celda.

**Equipos de Celda:** Son los equipos necesarios para procesar las llamadas celulares y establecer comunicación con la central electrónica de telefonía móvil (MTSO). Estos se pueden dividir en: BSC y equipos de RF.

El BSC o Base Site Controller, provee la interfaz entre los equipos de radio de la celda y el MTSO; este controla la celda y está compuesto por un número específico de tarjetas que pueden variar según la configuración de radio base.

Los equipos de RF, son los elementos que, además de las antenas, hacen posible el recibir, transmitir y procesar las llamadas y estos comprenden desde un simple cable hasta equipos de avanzada tecnología que, junto con el BSC, ayudan a establecer con éxito la comunicación celular.

**Equipos de Potencia:** Hacen posible el funcionamiento de las celdas a través del suministro de energía eléctrica e impiden, además, daños a la estación por fluctuaciones de tensión, asegurando el funcionamiento continuo de la misma.

**Equipos de Microondas:** Son las radios y antenas de microondas requeridas para unir las celdas a la central electrónica de telefonía móvil (MTSO).

**EXPLOSIÓN DE MATERIALES - ANTENAS Y SUS**

**ACCESORIOS**

Para obtener la cantidad de materiales necesarios, a los efectos de instalar una antena, deben tomarse en consideración muchas variables de las cuales depende este proceso: tipo de antena, condiciones atmosféricas, terreno, etc.; no obstante, un estimado bastante preciso de los materiales requeridos para la instalación, puede obtenerse con la identificación del número de antenas y la altura a la cual estas serán colocadas. A continuación se presenta el cálculo de los materiales requeridos para la instalación de las antenas en una celda, en función del número de antenas (A) y su altura de colocación en metros (H):

Conectores	H<50	50<=H<100	100<=H
Cable 1-5/8"	-	-	2*A
Cable 1-1/4"	-	2*A	-
Cable 1-5/8"	2*A	-	-
Jumper 1/2"	2*A		

Tabla. 1a

1	H<50	50<=H<100	100<=H
Cable 1-5/8"	-	-	(H+10)*A
Cable 1-1/4"	-	(H+10)*A	-
Cable 7/8"	(H+10)*A	-	-
2	H<50	50<=H<100	100<=H
Jumper 1/2"	2*A		
3	H<50	50<=H<100	100<=H
Snap-In Hanger 1-5/8"	-	-	(H+10)*A
Snap-In Hanger 1-1/4"	-	(H+10)*A	-
Snap-In Hanger 7/8"	(H+10)*A	-	-
4	H<50	50<=H<100	100<=H
Botas 1-5/8"	-	-	A
Botas 1-1/4"	-	A	-
Botas 7/8"	A	-	-
5	A<=12	12<A	
Ventanas	1	2	
6	H<50	50<=H<100	100<=H
Weather Proofing	1,5*A		
7	H<50	50<=H<100	100<=H
Grounding kit1-5/8"	-	-	3*A
Grounding kit1-1/4"	-	3*A	-
Grounding kit1-5/8"	3*A	-	-

Tabla. 1b

Otros Cables	H<50	50<=H<100	100<=H
Cable 1/2" TM		30	
Cable 1/2" S-F		10	
Conectores 1/2"		2	
Conectores 1/2" S-F		4	

Tabla. 1c

**EXPLOSIÓN DE MATERIALES - EQUIPOS DE CELDA**

A pesar de las celdas pertenecer a una misma tecnología, su configuración, al nivel de equipos de celda varía ligeramente de acuerdo al número de racks<sup>2</sup> que lo conformen, es decir, la configuración, para una celda que cuente con 6 racks de 10 canales, varía ligeramente con la configuración de una celda que cuente con 4 racks de 15 canales o con una que posea 3 racks de 20 canales aunque todas ofrezcan la capacidad de trabajar simultáneamente con 60 canales a la vez.

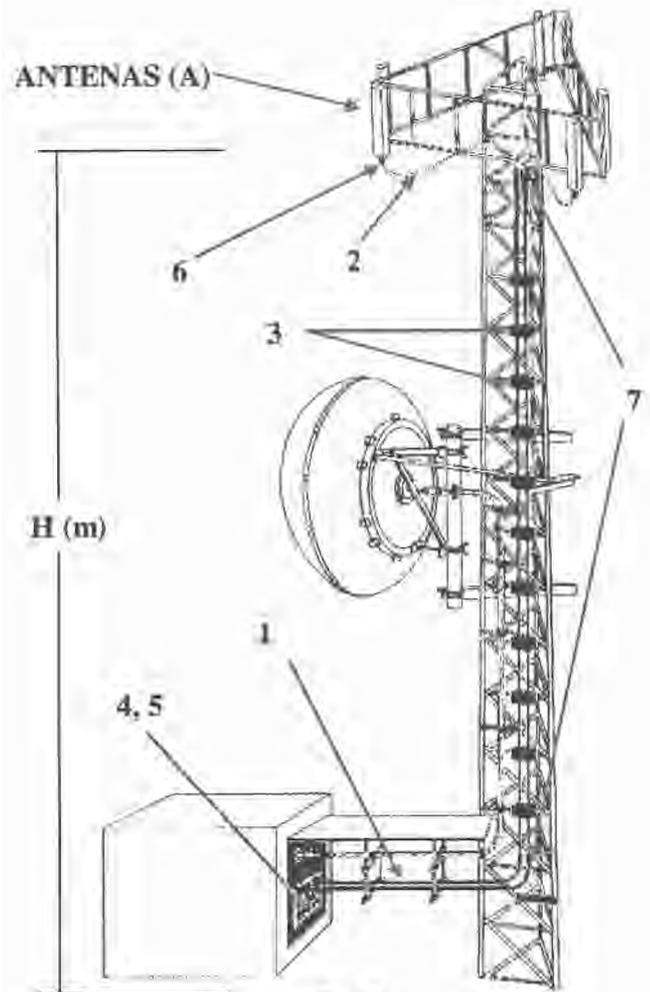


Fig. 2

La elección de un tipo de celda u otro, así como sus elementos depende, principalmente, de la planificación de frecuencias y los niveles de tráfico en el área, no obstante, dados los requerimientos en canales y definidos los tipos de Racks a emplear en la celda (10, 15 o 20), puede obtenerse con bastante certeza su configuración.

Relacionando información suministrada por los proveedores y los ingenieros de implementación de MODELO C.A., los equipos celulares por unidad que constituyen las celdas pueden obtenerse de la siguiente manera:

EQUIPOS COMPLEMENTARIOS DE RF	RACK		
	10	15	20
Planchas para instalación de filtros	4		
Phasing cable de rack de 15 (Corto)		R	
Phasing cable de rack de 15 (Mediano)		R	
Phasing cable de rack de 15 (Largo)		R	
Two way junction rack de 10	R		
Three way junction rack de 10	R		
Four way junction rack de 10	R		
Four way junction rack de 15		R	
Six way junction rack de 15		R	
Jumper de 1/2"		7*R	

Tabla. 2a

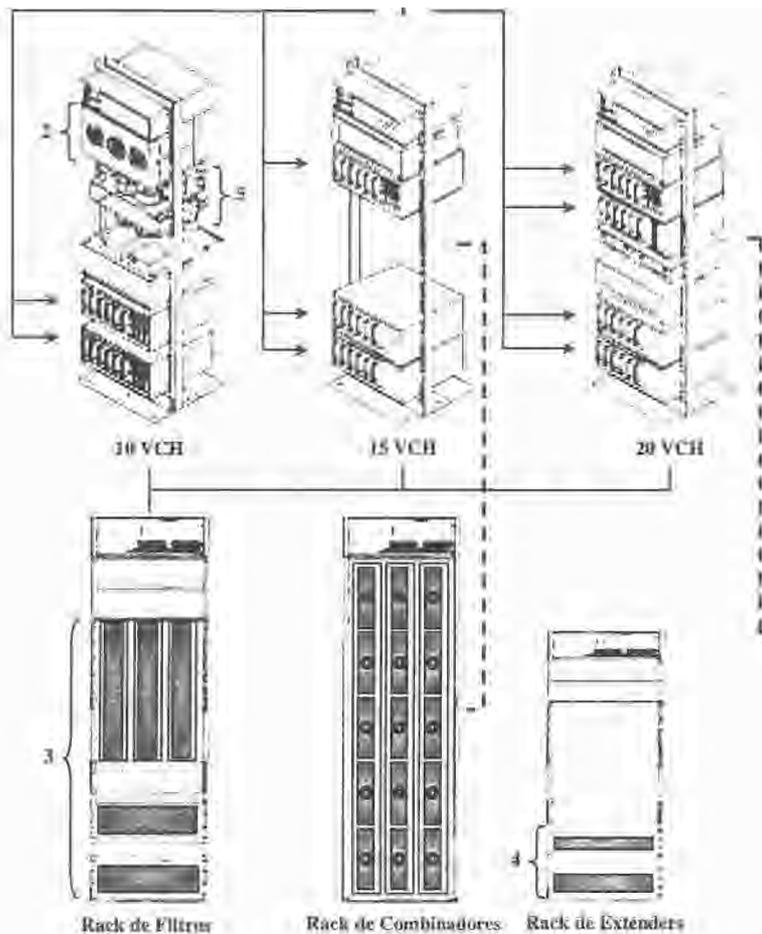


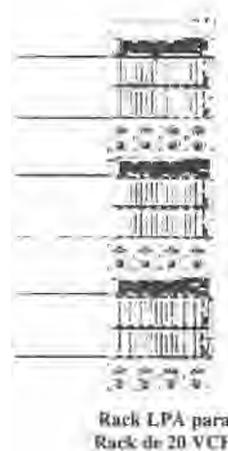
Fig. 3

R (Número de Racks de Canales de Voz)  
 VCH (Canales de Voz del Rack)

1	Rack 10	Rack 15	Rack 20
VCC +	R*(VCH/15)		
SCC	2		
CSC	2		
EMPI	2		
CANAL DE VOZ	R*VCH		
SIG	2		
SCAN +	R*(VCH/15)		
ERROR			12
PRE - ERROR			12
DRIVER			12
FINAL DE ALTA			48
2	Rack 10	Rack 15	Rack 20
Amp. de Potencia	(R*VCH) + 2		
3	Rack 10	Rack 15	Rack 20
Filtros	6		
Multicoupler	1		
4	Rack 10	Rack 15	Rack 20
Multicoupler Extender	Si R < 6 entonces 0 Si 6 < R <= 9 entonces 1 Si 9 < R <= 12 entonces 2		
5	Racks 10 y 20	Rack 15	
Combinadores	Con el Rack		-----

+ Entero Superior

Tabla. 2b



Rack LPA para Rack de 20 VCH

RACKS DE EQUIPOS
Rack de Filtros
Rack para Amplificadores. (Solo Celdas con Racks de 20 VCH)
Rack para Multicouplers Extender. (Solo para R >= 6)
Rack de Combinadores. (Solo Celdas con Racks de 15 VCH)

Tabla. 2c

## EXPLOSIÓN DE MATERIALES - EQUIPOS DE POTENCIA

La configuración de las celdas, a nivel de equipos de potencia, es prácticamente invariable, indistintamente que estas se constituyan por racks de 10, 15 o 20 VCH; por lo general cuentan con los mismos componentes:

Cables	RACK 10	RACK 15	RACK 20
Cable Plano 10 hilos	30	40	40
Cable Plano 16 hilos	15	20	20
Cable 25 pares	20	30	40
Cable 2/0 negro		15	
Cable 2/0 rojo		15	
Cable 2/0 verde		10	
Cable #10 rojo		10	
Cable #10 negro		10	
Cable #10 verde		10	
Cable #12 rojo		15	
Cable #12 negro		15	
Cable #12 verde		15	
Cable #14 rojo		5	
Cable #14 negro		5	
Cable #14 verde		5	
Cable RG 59	15	20	20

Metros de cable requeridos por celda.

Tabla. 3a

## CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS MATERIALES

### ANÁLISIS ABC

Aplicando el criterio, de que la mayor parte del capital invertido en materiales se concentra en un pequeño porcentaje del inventario o existencia y, por el contrario, un gran porcentaje del inventario, concentra una pequeña porción del valor del mismo, se obtuvo lo siguiente:

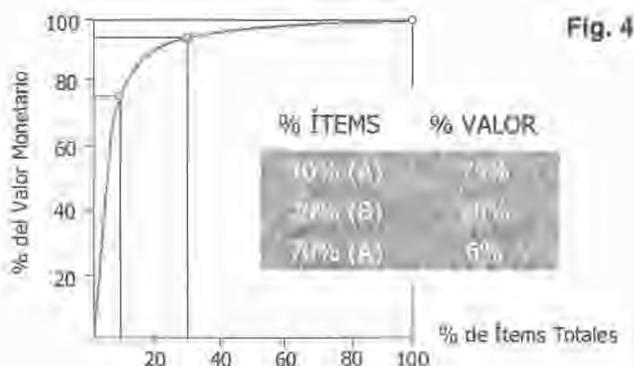


Fig. 4

Equipos	RACK 10	RACK 15	RACK 20
PDB	Si VCH < 120 ; 1 sino 2.		
Rectificadores *	VCH / 20		
Convertidores *	VCH / 10		
Shelf convertidores	1		
Breakers 100A	10	15	20
Breakers 50A	2		
Breakers 30A	2		
Breakers 20A	2		
Breakers 5A	4		
Panel de Breakers	1		
Baterías	Si VCH < 120 ; 1 sino 2.		
Conectores	RACK 10	RACK 15	RACK 20
Cable plano 10 hilos	10		
Cable plano 16 hilos	10		
Amphenol Hembra	2		
Amphenol Macho	2		
Cable RG59	2		

\* Entero Superior.

Cantidad unitaria de Materiales.

Tabla. 3b

## ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Asignando niveles de criticidad (1, 2 o 3) a los artículos, se obtiene una nueva clasificación, donde del nivel 1 viene a representar aquellos insumos de los cuales depende, directamente, el proceso de construcción y puesta en servicio de una celda o que presentan altos niveles de consumo; seguido por el nivel 2, el cual comprende aquellos artículos cuya ausencia temporal no incide, tan drásticamente, en el ensamblaje o en el funcionamiento parcial de la celda y, por último, el nivel 3, el cual incluye los artículos restantes que, por sus bajos niveles de consumo o importancia estratégica, no representan una carga tan grande en la planificación de los inventarios.

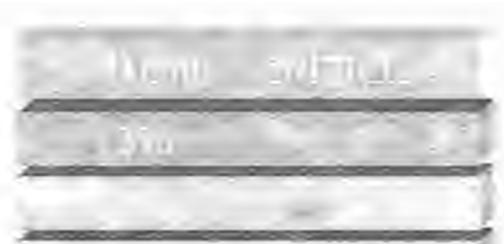


Fig. 5

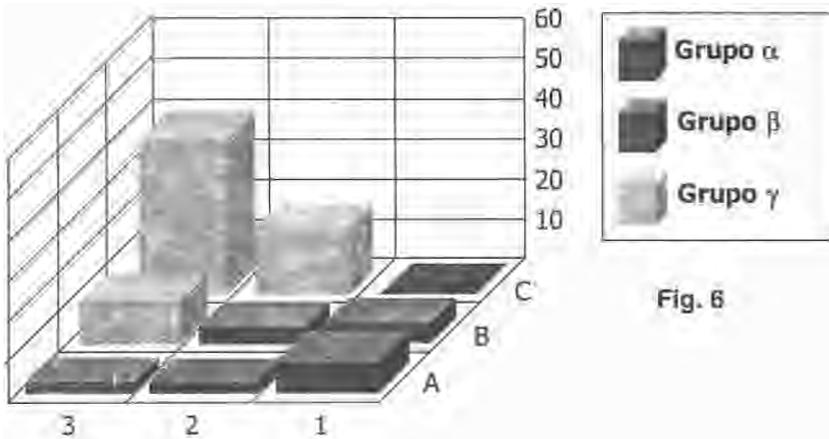


Fig. 6

**ANÁLISIS COMBINADO (ABC — CRITICIDAD).**

Uniando los niveles de criticidad asociados a los materiales, con su impacto sobre el costo del capital, se tiene una matriz de correlación, de donde se definen los grupos de control de los insumos. Los materiales definidos con la letra alfa (a) abarcan el 15 % del total de artículos contemplados para la planificación, mientras que los insumos beta y gamma, 63 y  $\gamma$ ), representan el 85% restante. (Ver Fig. 6).

**ESTUDIO DE Los PROVEEDORES**

**TIEMPOS DE ENTREGA**

**Tabla 5**

	Tiempo Medio (Semanas)	Límite Inferior (Semanas)	Límite Superior (Semanas)
ANTENAS Y ACCESORIOS			
PROVEEDOR 1	4	2	6
PROVEEDOR 2	5	4	7
PROVEEDOR 3	8	5	10
PROVEEDOR 4	8	6	11
EQUIPOS DE CELDA			
PROVEEDOR 5	8	5	10
EQUIPOS DE POTENCIA			
PROVEEDOR 6	2	1	4
PROVEEDOR 7	3	2	5
PROVEEDOR 8	4	3	6
PROVEEDOR 9	9	5	12
PROVEEDOR 10	10	8	13
PROVEEDOR 11	11	7	15
	Tiempo Medio (Meses)	Límite Inferior (Meses)	Límite Superior (Meses)
EQUIPOS DE MICROONDAS			
PROVEEDOR 12	4,13	4	5
PROVEEDOR 13	4,59	4	5

Nivel de Servicio 95% ; k=1,65

Grupo  $\alpha$  de Materiales

Antenas	A	1
Banco de Baterías	A	1
CANAL DE VOZ	A	1
PDB	A	1
SCAN	A	1
VCC	A	1
Amplificador (PA)	A	2
Cable 1-1/4"	A	2
EMPI	B	1
CSC	B	1
SIG	B	1
SCC	B	1

Tabla 4

**CLASIFICACIÓN GENERAL DE Los PROVEEDORES**

A continuación se resume la clasificación de los proveedores de acuerdo a su criticidad con relación a la gestión de los inventarios.

Esta clasificación fue obtenida considerando, tanto la importancia estratégica del proveedor como fuente exclusiva de suministro, así como los porcentajes de órdenes de compra y de dinero facturado, asociados a cada uno de ellos.

**Tabla 6**

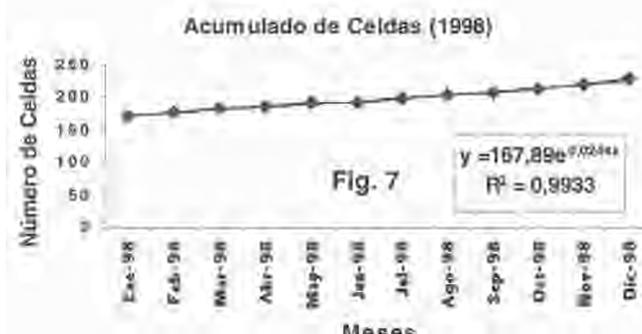
		Órdenes de Compra (% Acumulado)	Dinero Facturado (% Acumulado)	Importancia Estratégica
MUY CRÍTICO	PROVEEDOR 2	60%	72%	ALTA
	PROVEEDOR 4			
	PROVEEDOR 12			
	PROVEEDOR 13			
CRÍTICO	PROVEEDOR 1	25%	13%	ALTA
	PROVEEDOR 5			
	PROVEEDOR 8			MEDIA
	PROVEEDOR 9			
	PROVEEDOR 10			
POCO CRÍTICO	PROVEEDOR 3	15%	15%	BAJA
	PROVEEDOR 6			
	PROVEEDOR 7			
	PROVEEDOR 11			

## LA DEMANDA DE MATERIALES

Indistintamente de los planes de expansión de la red celular, el consumo de materiales, asociado a la construcción de las celdas, depende del número de radio bases puestas en servicio y de cómo éstas se encuentren configuradas. Por esta razón, si se logra definir la cantidad de celdas instalada, para un periodo de tiempo determinado, así como su configuración asociada; el proceso de planificación de los inventarios puede realizarse en función de estos parámetros.

## LAS CELDAS

El pronóstico del número de celdas a ser puestas en servicio, representa el parámetro principal para llevar a cabo la estimación del consumo de materiales, ya que de éste dependen todas las fórmulas obtenidas para el cálculo de la demanda de insumos.



Los registros del acumulado mensual de las celdas puestas en servicio, obedecen a una curva exponencial. De esta manera, la demanda de equipos puede ser obtenida a través de la extrapolación de esta curva de tendencia, cuyo coeficiente de determinación (F12), asevera el hecho de que el incremento de las celdas es realmente exponencial.

Estos valores servirán como punto de partida para el proceso de explosión de materiales y definición de la demanda, siempre y cuando se adecue esta información, a los parámetros exigidos por las fórmulas de materiales propuestas con anterioridad.

## ANTENAS Y ACCESORIOS

Tres parámetros fundamentales son requeridos para obtener el consumo de antenas y sus accesorios, según las ecuaciones correspondientes de estos materiales: Número de Celdas, Número de Antenas y Altura de elevación de las antenas. (Ver Tablas 1 a,b y c)

El número de celdas es proporcionado, directamente, por la ecuación de ajuste que se señala con anterioridad, pero el número de antenas y su altura de elevación debe ser **victimaria**

ANTENAS	Promedio	Coefficiente de Variación
Transmisión	5,466	19,943%
Recepción	5,529	19,674%

Tabla 7a

En promedio, las celdas tienden a estar constituidas por 5 antenas de transmisión y 6 de recepción. Este hecho se encuentra respaldado por los bajos coeficientes de variación obtenidos por estrato, lo cual permite definir dicha configuración como un estándar general.

A diferencia del número de antenas, la altura de colocación de estos elementos, presenta una variabilidad tal, que imposibilita definir en forma directa un estándar específico. Para solventar esta situación, se procedió a analizar la configuración de las celdas, en lo que a la altura de las antenas se refiere, obteniéndose lo siguiente:

Distribución de Probabilidad Asociada	GAMMA
Parámetro $\alpha$	8
Parámetro $\beta$	7

Tabla 7b

La altura de las antenas viene dada según una distribución de probabilidad Gamma de parámetros  $\alpha=8$  y  $\beta=7$ .

Tomando esto en consideración, se obtuvieron las probabilidades de los rangos especificados en las fórmulas de materiales para las antenas y sus accesorios:

Intervalo de Alturas (H) metros	Probabilidad
$H < 50$	0,42
$50 \leq H < 100$	0,55
$H \geq 100$	0,03

Tabla 7c

Las probabilidades de que una celda caiga en cualquiera de estos tres estratos son 0,42, 0,55 y 0,03 respectivamente, por lo que, si se multiplica el número de celdas pronosticadas por estas probabilidades, se obtendrá el valor esperado de celdas que entrarán en tales estratos.

No obstante, todavía es necesario definir la altura de las celdas que quedaron agrupadas en estos intervalos. Para ello, se determinaron los promedios de altura de los rangos señalados, obteniéndose lo siguiente:

Intervalo de Alturas (H) metros	Promedio (metros)	Coefficiente Variación
H < 50	26,56	18,63%
50 ≤ H < 100	62,24	8,47%
H ≥ 100	108,00	10,14%

Tabla 7d

Nótese como los coeficientes de variación, para los rangos, son lo suficientemente bajos como para considerar estos promedios un estándar, por lo cual, teniendo las celdas esperadas en cada intervalo, estas pueden asociarse directamente a la altura promedio de dicho estrato.

**EQUIPOS DE CELDA Y POTENCIA**

Los equipos de celda y de potencia dependen, al igual que las antenas y sus accesorios, de tres parámetros principales: Número de Celdas, Número de Racks y Número de Canales de voz (VCH). (Ver Tablas 2a, b y c)

La distribución de los canales de las celdas viene dada por una distribución de probabilidad exponencial. Sobre la base de esto, se obtuvieron las probabilidades de los rangos especificados de canales para las celdas":

Tabla 8a

Distribución de Probabilidad Asociada	EXPONENCIAL
Parámetro θ	47,14 VCH/Celda

Canales Asignados por Celda	Probabilidad
VCH ≤ 30	0,47
30 < VCH ≤ 90	0,38
90 < VCH	0,15

Tabla 8b

Si se multiplica el número de celdas pronosticadas, por estas probabilidades, se obtendrá el valor esperado de celdas que entrarán en tales estratos. Entonces, partiendo del criterio, de que las celdas tienden a conformarse según los canales de voz que les son asignados; un promedio de canales, en función del estrato al que estas pertenezcan, servirá para definir un estándar de configuración por grupo:

Canales Asignados por Celda	Canales Promedio	Coefficiente Variación
VCH ≤ 30	23,11	24,50%
30 < VCH ≤ 90	57,65	17,77%
90 < VCH	115,80	8,72%

Tabla 8c.

De esta manera se tiene que las celdas, cuyo número de canales sea inferior o igual a 30 VCH, tenderán a estar constituidas por 3 racks de 10 VCH (30 canales), mientras que una celda, cuyo número de canales esté comprendido entre 30 y 90 VCH, tendrá a constituirse por 3 racks de 10 VCH y 2 racks de 15 VCH (60 canales) y, por último, aquellas celdas que tengan un número de canales superior a los 90 VCH poseerán, en su interior, 6 racks de 20 VCH aproximadamente.

**PRESICIÓN DEL PRONÓSTICO**

El hecho de multiplicar varias probabilidades, para obtener un pronóstico, acarrea grandes posibilidades de variabilidad. Indistintamente de haber utilizado, para la estimación del consumo de materiales, los mejores indicadores con el objeto de definir este comportamiento, la variabilidad siempre estará latente.

Como consecuencia, es necesario determinar cuan acertados son los mecanismos de pronóstico propuestos y proporcionar una herramienta que permita ejecutar la planificación de los inventarios contemplando esta variabilidad.

	Error Relativo	Se
Celdas	6,56%	2
Antenas	13,76%	18
Baterías	9,46%	3
Canales	11,33%	82
PDB	11,67%	3
SCAN	6,14%	8
VCC	4,60%	12
PA	11,03%	68
Cable	10,38%	533
EMPI	15,09%	5
CSC	12,50%	4
SIG	24,32%	5
SCC	16,42%	4

Tabla 9

Empleando la ecuación exponencial que indica el acumulado de celdas puestas en servicio, se realizaron extrapolaciones en periodos donde era posible obtener el consumo de materiales. Se tuvieron errores relativos que oscilaban entre un 6% y un 25%, lo que indicó que el pronóstico es bastante bueno; de igual modo, la desviación para los errores del pronóstico (Se), se tomó como parámetro para realizarla planificación de los inventarios.

## COSTOS ASOCIADOS AL INVENTARIO

Básicamente, existen cuatro tipos de costos relacionados con los inventarios: los Costos del Producto, los costos de Adquisición, los del Manejo de Inventarios, y los de Penalización (falta de existencias).

### COSTOS DEL PRODUCTO

A nivel de planificación, este costo podría considerarse como el precio promedio de cada ítem, según las cotizaciones obtenidas en un período de tiempo específico (por lo general un año).

Precios Unitarios Promedio. (1996 - 1998)

Ítem	Medida	Precio
Antenas	Unidad	\$1.000,00
Banco de Baterías	Unidad	<b>\$12.000,00</b>
Canal de Voz	Unidad	\$1.000,00
PDB	Unidad	\$22.000,00
SCAN	Unidad	\$2.500,00
VCC	Unidad	\$2.000,00
Amplificador (PA)	Unidad	\$225,00
Cable 1-114"	metros	\$26,00
EMPI	Unidad	\$1.000,00
CS.0	Unidad	\$1.000,00
SIG	Unidad	\$1.200,00
SCC	Unidad	\$2.500,00

Tabla 10

### COSTOS DEL MANEJO DEL INVENTARIO

Empleando información proporcionada por el sistema administrativo de la empresa, se relacionó un aproximado de los gastos destinados a los inventarios, con el valor del stock medio de los artículos almacenados para el período 1996 — 1998.

Este cálculo dio como resultado que, aproximadamente, el 20% del valor del material está destinado a cubrir los costos inherentes al inventario.

La cantidad anterior puede ser complementada, sumándole el costo de inmovilización financiera, producto de la tenencia de los inventarios, tomando como referencia, el promedio de la tasa pasiva de interés del mercado, para el período a ser planificado.

De esta forma, el costo del manejo de los inventarios está dado, aproximadamente, por un 35,10% del valor promedio de cada ítem, para el año 1998 y 46,40% para el año 1999g.

### COSTOS DE COLOCACIÓN

Tomando en consideración un sueldo base de 1000.000 de bolívares mensuales, para una jornada de trabajo de 176 horas al mes, se realizó un estimado de la cantidad de dinero, por hora, devengada por los analistas de planificación y compras. Esta cifra se multiplicó por el tiempo aproximado de trámite global que cumple una Orden y se le sumó el costo de los servicios empleados, para el trámite de las mismas, en especial el telefónico. De esta manera se obtuvo un valor aproximado del costo de colocación de la solicitud.

Bolívares por Hora	5.661,82 Bs
Tempo Global de Trámite (das horas)	11.363,64 Bs
Gastos en Servicios	10.000,00 Bs
Costa de Solicitud en Bolívares	21.363,64 Bs
Costo de Solicitud en Dólares	36 \$
Dólar Calculada a 602,5 Bs.	

Tabla 11

### COSTOS DE PENALIZACIÓN

Para este caso en particular, el costo de penalización será dado por aquellas llamadas que se dejaron de facturar, como consecuencia del retraso en la puesta en servicio de una celda.

De reportes de tráfico, proporcionados por la empresa, se obtuvo que, a grandes rasgos, una celda puede facturar en un mes, unos 80.000 dólares aproximadamente. Es importante destacar, que, esta cifra, no representa un valor totalmente representativo de la realidad, no obstante es la única opción que se presentó, para obtener una referencia de lo que el costo de penalización representa.

### EL SISTEMA DE PLANEACIÓN

#### ELEMENTOS DE INFORMACIÓN

Tres elementos fundamentales de información son determinantes para el proceso de planificación de los inventarios: el programa de expansión de la red celular, los inventarios, y los materiales para la conformación de las celdas. Usando estas fuentes de información, la lógica del procesamiento, proporciona tres tipos de resultados sobre los componentes de los productos:



**Programa de Expansión de la Red Celular:** La planificación se inicia, a partir de los pronósticos de las celdas a ser construidas, para un periodo de tiempo determinado. Diseñado para satisfacerla demanda de materiales, el sistema de planeación debe identificar las celdas a ser ensambladas, dentro de un horizonte específico de tiempo, con el fin de asegurar la presencia física de los insumos necesarios en el proceso de expansión de la red celular.

**Lista de Materiales (Explosión de Materiales):** Esta identifica cómo se constituyen cada una de las celdas ensambladas, especificando sus artículos subcomponentes y su secuencia de integración. Las celdas vienen a ser artículos terminados de nivel superior, de los cuales depende la demanda de los insumos que se ubican en un nivel inferior. (Ver Fig. 9)

**Los Niveles de Inventario:** El sistema debe contener información actualizada de los niveles de inventario de cada uno de los artículos en la estructura de las celdas. Esto, proporcionará información precisa sobre la disponibilidad de cada artículo controlado. De igual modo, este debe manejar información concerniente a las existencias de seguridad, para los materiales, así como el tiempo de espera para la adquisición de cada uno de los artículos.

**Lógica de Procesamiento del Sistema Estratégica de Planificación de Inventarios:** La lógica de procesamiento se inicia, aceptando el pronóstico de las celdas a ser

construidas y determinando, mediante la explosión de materiales, los diversos componentes asociados a la estructura de las celdas.

De acuerdo a un horizonte de tiempo de planificación, el sistema deber calcular, para cada uno de los períodos que lo conforman (semanas, meses), cuántos de cada artículo se necesitan (requerimientos en conjunto), cuántas unidades del inventario existente se encuentran ya disponibles y la cantidad neta que se debe planear al recibir las nuevas entregas (recepción de órdenes planeadas), para luego colocar nuevas órdenes de embarque que garanticen la presencia de los materiales cuando se necesiten.

**Información para la gerencia derivada del sistema de planificación:** Como resultado de la aplicación del sistema, ha de obtenerse información suficiente que identifique, claramente, qué acciones se requieren para mantener la construcción de las celdas dentro de la planificación de frecuencias. Igualmente, como la construcción de las celdas puede estar sujeta a cambios en el tiempo, las modificaciones en los pronósticos, dictarán los ajustes correspondientes para los requerimientos de los materiales.

**LA GESTIÓN DE INVENTARIO**

Se decidió emplear una modificación de un modelo general de punto de pedido.



Fig. 9

Este modelo se fundamenta en lo que se conoce como punto de reorden. El punto de reorden no es más que un número preestablecido, con el que se comparan los niveles de inventario, los cuales dependiendo de como se encuentren (por arriba o por debajo del reorden), se procede a emitir o no una nueva orden de compra.

Para este caso en particular, el número a emplear será el siguiente:

$$CEM + CET \leq De + k \cdot \sigma_{De} \quad [1]$$

Siendo CEM, la cantidad en mano o existencia física disponible de un material para un momento determinado y CET, la cantidad en tránsito y no recibida de dicho material.

En la expresión anterior, el primer término del lado derecho viene a representar la esperanza matemática del uso de material durante el tiempo de reposición, representada por los pronósticos obtenidos mediante la explosión de materiales. El segundo término, es el inventario de seguridad, calculado como un intervalo de confianza, multiplicando el valor de la distribución normal estándar, para una probabilidad representada por el nivel de servicio proyectado, por la desviación de la esperanza.

## EL TIEMPO DE REPOSICIÓN

El tiempo de reposición viene dado por la cota superior del intervalo de confianza obtenido, para los tiempos de entrega de cada proveedor.

## PUNTO DE PEDIDO

El punto de pedido para un período  $i$ , viene dado por la demanda esperada en el tiempo  $de$  de reposición ( $T$ ), más su desviación:

$$R_i = \sum_{j=i+1}^{i+T} De_j + k \cdot \sqrt{\sum_{j=i+1}^{i+T} Se_j^2} \quad [2a]$$

$R_i$  representa el punto de reorden para el período  $i$ ,  $De_j$ , la demanda esperada (pronosticada) para periodos sucesivos,  $Se_j$ , su desviación, y  $k$ , el nivel de servicio.  $Se_j$  no puede ser pronosticado, ya que este depende directamente de los valores del consumo de materiales, como consecuencia de esto, se asume que para el período de reposición de los materiales, la desviación del consumo de los artículos viene dada por el último valor obtenido de dicha desviación, así pues la ecuación cambia a esta nueva fórmula:

$$R_i = \sum_{j=i+1}^{i+T} De_j + k \cdot \sqrt{T} \cdot Se^2_{conocido} \quad [2b]$$

Donde nuevamente  $R_i$  viene a representar el punto de Reorden para el período  $i$ ,  $De_j$  la demanda esperada (pronosticada) de un período y  $k$  el nivel de servicio. La diferencia es que ahora, el término del inventario de seguridad, viene expresado en función de la desviación del pronóstico conocido  $Se$  Conocido y del tiempo de reposición  $T$ .

De esta forma se obtiene la posibilidad de desarrollar la planificación en un entorno simulado, que permite contemplar el futuro.

Obviamente, aquí se está hablando de un proceso iterativo, el cual consiste en actualizar la variación de la demanda esperada pronosticada, en la medida en que las demandas reales se vayan conociendo. Por supuesto, esta actividad debe realizarse de acuerdo a un período de tiempo preestablecido (trimestral, semestral o anualmente), a fin de que el proceso de planificación no sea desvirtuado, al tener que trabajar prácticamente con la demanda individual de cada ítem. De esta manera, se tiene la oportunidad de medir el acierto del pronóstico, con la intención de tomar, o no, medidas correctivas al respecto.

## NIVEL DE INVENTARIO (INV)

Históricamente, el concepto de inventario se ha asociado a la cantidad física existente, en almacén, de un producto que se encuentra en disponibilidad inmediata (cantidad en mano). Sin embargo, en esta definición debe contemplarse la cantidad de materiales que vienen en camino, y que aún no han sido recibidos, cuya disponibilidad existe, antes de colocar una nueva orden de compra (cantidad en tránsito).

## CANTIDAD EN MANO (CEM)

$$CEM_i = CEM_{i-1} + Rec_i - De_i \quad [3]$$

La cantidad en mano, para un período  $i$ , se obtiene sumando la cantidad en mano correspondiente al período anterior ( $CEM_{i-1}$ ), más las recepciones hechas en el período actual ( $Rec_i$ ), menos el consumo estimado de ese momento (demanda esperada  $De_i$ ). Obviamente, si esta cifra es negativa, la cantidad disponible será igual a cero y, el número obtenido, representaría la escasez del material.

## CANTIDAD EN TRÁNSITO (CET)

$$CET_i = CET_{(i-1)} + OCL_{(i-1)} - Rec\ r_i \quad [4]$$

La cantidad en tránsito, para el período  $i$ , se obtiene sumando la cantidad en tránsito más las órdenes de compra liberadas del periodo anterior ( $CET\ i-1$  y  $OCL\ i-1$ ), menos las recepciones realizadas para ese momento ( $Rec\ i$ ). Esta fórmula siempre arroja valores mayores o iguales a cero.

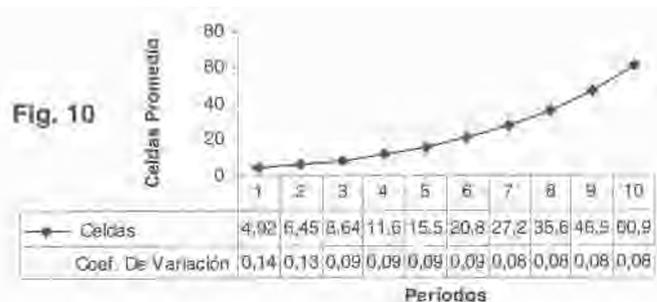
## EL REORDENAMIENTO

El reordenamiento no es más que el producto de comparar el nivel de inventario obtenido, para un periodo determinado (INVI), con su punto de pedido (RI).

Si el nivel de inventario es menor o igual al punto de pedido, debe procederse a liberar una orden de compra, mientras que, si este nivel resulta ser mayor, esta acción deberá ser postergada.

Existen diversos métodos para obtener las cantidades óptimas a comprar, no obstante, según el perfil obtenido para la gestión de inventarios, por parte de la Gerencia de Planificación y Equipos, una herramienta, casi elemental, puede ser empleada para la definición de los montos a comprar en materiales: el lote económico de Wilson.

Pero, ¿por qué usar esa herramienta, si la ecuación de pronóstico obtenida, para la predicción de  $Ea$  demanda, posee una connotación exponencial? y el lote de Wilson se emplea cuando  $Ea$  demanda presenta un comportamiento determinista (conocido) y constante. La respuesta es la siguiente:



El gráfico, representa los promedios anuales de las celdas construidas, para 10 años consecutivos de pronóstico, a partir de 1998. Nótese como para cada año,

los coeficientes de variación muestran un valor realmente bajo. Esto permite desglosar la curva de pronóstico, en rectas diferenciales, las cuales unidas, producen el incremento exponencial.

Otro factor por el cual se eligió esta herramienta, es que la misma involucra los dos costos principales relacionados al proceso de gestión de la Gerencia de Planificación y Equipos: el costo de colocación y el de almacenamiento.

$$Q_{\text{óptimo}} = \sqrt{\frac{200 \cdot D \cdot C_s}{C_a \cdot C}} \quad [5]$$

De esta manera, cuando el nivel de inventario de un artículo sea menor o igual al punto de reorden, debe emitirse una orden de compra por la cantidad anteriormente señalada, donde:

$o$  = Cantidad de Pedido.

$D$  = Consumo (o demanda) anual de un artículo.

$C$  = Precio unitario del artículo.

$C_a$  = Costo de almacenamiento anual expresado como % de su precio unitario.

$C_s$  = Costo de solicitud de un artículo.

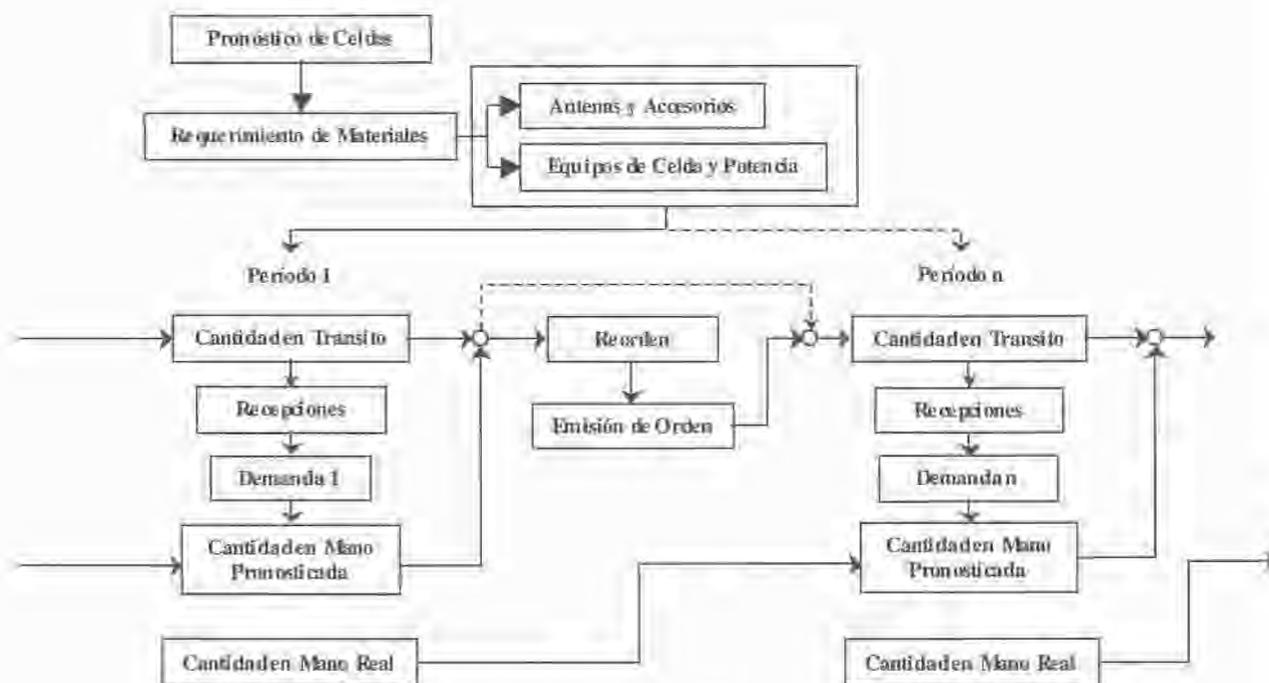
## LA PLANIFICACIÓN (METODOLOGÍA)

Los modelos de punto de pedido, se caracterizan por la revisión continua de los niveles de inventario, con el fin de dilucidar si se procede o no a la emisión de una orden de compra. El sistema de planificación propuesto, busca predecir, en función de los niveles actuales de inventario y los pronosticados, las órdenes de compra requeridas tanto en la actualidad como en el futuro, con la intención, de poder satisfacer la demanda a corto, mediano y largo plazo. Así pues, la labor de revisión del inventario, más que indicar qué cantidad debe ser adquirida en ese momento, servirá para planear los requerimientos a futuro.

Supóngase que el período en el cual se efectuando el estudio de planificación, corresponde al número uno. (Fig. 11)

El pronóstico de las celdas a ser construidas y la posterior explosión de materiales ya ha sido realizada.

El primer paso a seguir consiste en determinar los parámetros requeridos, por las fórmulas de inventario para aplicarlas en el punto analizado: la cantidad que se posee *en mano* del período anterior, la cantidad en tránsito, recepciones pendientes y el consumo. Aquí se inicia el



$$CEM_1 = CEM(\text{real})_0 + Rec_{c_1} - De_1, \dots, CEM_n = CEM_{n-1} + Rec_{c_n} - De_n$$

$$CET_1 = CET_0 + OCL_0 - Rec_{c_1}, \dots, CET_n = CET_{n-1} + OCL_{n-1} - Rec_{c_n}$$

$$INV_1 = CET_1 + CEM_1, \dots, INV_n = CET_n + CEM_n$$

Fig. 11  $R_1 = \sum_{j=1}^{1+T} De_j + k \cdot \sqrt{T \cdot Se^2_{conocida}}, \dots, R_n = \sum_{j=n+1}^{n+T} De_j + k \cdot \sqrt{T \cdot Se^2_{conocida}}$

proceso de simulación para la demanda y compra de materiales, pronosticando hacia adelante, la gestión de materiales para un número determinados de etapas, hasta cubrir el horizonte de planificación.

Una vez definidos los valores, para el periodo uno, se procede a realizar el análisis de reorden, comparando el nivel de inventario obtenido, para esta etapa, con su punto de pedido; esto permitirá establecer las órdenes de compra a ser liberadas para ese momento y actualizar las cantidades en mano, en tránsito y a ser recibidas, que se emplean en cálculos posteriores.

Finalmente, los valores requeridos para realizar el estudio de planificación, se obtienen mediante la aplicación secuencia# de este procedimiento, en cada periodo.

Por último, una consideración muy importante, debe ser empleada como complemento del cálculo de las cantidades de compra.

Si el punto de pedido, resulta ser mayor al nivel de inventario, [a cantidad a comprar vendrá dada por el siguiente número:

$$\text{Entero Superior} \left( \frac{De_i}{Q} \right) \cdot Q \quad [6]$$

El número multiplicado por la cantidad de Wilson, es la cantidad de pedidos necesarios para nivelar la demanda, con la cifra que está siendo solicitada. Esto se debe, a que la demanda esperada, está siendo aproximada a un valor constante en el tiempo, de esta forma, si la demanda del periodo  $De_i$ , es mayor a  $Q$ , antes de culminar esta etapa, habrá de emitir un nuevo pedido.

#### EJEMPLO DE PLANEACIÓN

En las tablas se señala, la planeación para un mes del año 1998, de uno de los ítems más importantes del grupo control de materiales: Los Canales de Voz.

Ítem Analizado (Canal de Voz)				
Periodo (Mes)	1	2	3	4
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98
Acumulado Mensual de Celdas	172	176	181	185
Incremento Mensual de Celdas	4	5	4	
Demanda Estimada de Canales	300	300	300	
Recepciones Programadas	-	-	322	
Cantidad en Tránsito	-	322		
Cantidad en Mano	300			
Nivel de Inventario	300			
Punto de Pedido	791			
Orden Planeada	322			
Q Óptimo	27			
Número de Pedidos	12			

Tabla 12a

Tabla de Valores Iniciales y Parámetros para el ejercicio.

Reposición (T) (Meses)	2
Desviación Se	82
95% de Confianza	k1,65
Valores Iniciales	
CEM (o)	600
CET (o)	0
Costos	
Almacén	36%
Unitario	\$1.000,00
Colocación	\$36,00

Tabla 12b

Para mostrar el cálculo de los valores, tómesese como referencia el periodo uno (Enero). El paso inicial, consiste en identificar las celdas asociadas a los materiales; para ello, debe pronosticarse el acumulado de celdas, para tres meses sucesivos, al analizado, además del mes de Enero: Febrero, Marzo y Abril. (Ver Fig. 7 y Tabla 12a)

Celdas (1) Ene =  $167,89 \cdot e^{0,024 \cdot 0} - 172$  Celdas  
 Celdas (2) Feb =  $167,89 \cdot 0,024^{(2)} - 176$  Celdas  
 Celdas (3) Mar =  $167,89 \cdot e^{0,024 \cdot 01} - 181$  Celdas  
 Celdas (4) Abr =  $167,89 \cdot e^{0,024 \cdot 141} - 185$  Celdas

Una vez obtenidas **las celdas acumuladas de cada mes**, se definen los incrementos (**celdas construidas**) de cada periodo, esto se hace restando las celdas pronosticadas para dos meses consecutivos:

Incremento (1) Ene = Celdas (2) - Celdas (1) = 4  
 Incremento (2) Feb = Celdas (3) - Celdas (2) = 5  
 Incremento (3) Mar = Celdas (4) - Celdas (3) = 4

Luego, se procede a calcular la demanda esperada de los canales, mediante sus fórmulas de explosión respectivas. Para el mes de enero sería de la siguiente manera (Ver Tablas 8a,b y c):

Rangos	Celdas Esperadas	RACKS			Canales
		10 VCH	15 VCH	20 VCH	
VCH <= 30	(4).(0,47) = 2 Celdas	3	0	0	60
30 < VCH < 90	(4).(0,381) = 2 Celdas	3	2	0	120
90 < VCH	(4).(0,15) = 1 Celdas	0	0	6	120
<b>Tabla 12c</b>					<b>TOTAL:</b> 300

Este mismo procedimiento se aplica, para Febrero y Marzo respectivamente, ya que dichos valores son requeridos en el cálculo del punto de reorden del mes analizado, el de Enero. Ahora se aplica la metodología de planeación (Ver Fig. 11 ; Ec. 2b, 3 y 4):

Canal de Voz	Periodo (0)	Periodo (1) (Enero)
Demanda Esperada		300
Recepciones		0
Cantidad en Mano	600	600 + 0 - 300 - 300
Cantidad en Tránsito		0
Nivel de Inventario	600	300 + 0 = 300

Tabla 12c

PUNTO DE REORDEN (Periodo 1)		
Demanda Esperada (Tiempo Reposición)	300 + 300 Feb Mar	$600 + 1,65 \cdot (82) = 791$
Desviación Se	82	

Tabla 12a

El nivel de inventario es menor o igual al punto de reorden, entonces se procede a ordenar (Ver Ec. 5 y 6):

Canales de Voz

$$Q = \sqrt{\frac{200 \cdot 12 \cdot 300 \cdot 36}{1000 - 36}} = 36,83 \text{ Canales}$$

Número de Pedidos =  $300 / 26,83 = 12$  pedidos

Cantidad a Comprar =  $(26,83) \cdot (12) - 322$  Canales.

Finalmente, el período analizado ha sido totalmente definido y lo que sigue es un proceso repetitivo para el resto de los meses. De esta manera se está simulando la planificación de inventarios para un horizonte de tiempo determinado.

Ahora queda en manos del analista la toma de decisiones en cuanto al proceso de planeación.

A continuación se muestran las tablas resumen, donde se señala la reducción de los costos inherentes al manejo de los inventarios para el año de 1998 mediante la aplicación del sistema de planificación para este periodo.

	Cantidad en mano	Manejo de Inventario
Reducción		
Antenas	65,85%	\$ 113.724
Baterías	62,50%	\$ 253.720
Canal Vox	69,19%	\$ 1.078.272
PDB	25,00%	\$ 92.664
SCAN	38,33%	\$ 84.240
VCC	69,57%	\$ 134.784
Ampif. (PA)	23,01%	\$ 49.280
Cable 1-1/4"	64,45%	\$ 211.798
EMPI	72,22%	\$ 54.756
CSC	16,67%	\$ 12.636
SIG	60,61%	\$ 101.088
SCC	29,41%	\$ 52.650
	Media	Total
	48,48%	\$ 2.238.611

Reducción	Ahorro
100,00%	\$480.000,00

Tabla 13b

Número	Costo
70,83%	\$ 4.896,00

Tabla 13c

Almacenamiento:	\$ 2.238.611
Colocación:	\$ 4.896,00
Penalización:	\$ 480.000,00
Ahorro Total:	\$ 2.723.507

Tabla 13d

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras haber culminado el proceso de análisis, desarrollo y evaluación del Sistema Estratégico de Planificación de Inventario, se puede afirmar que, el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación, se consiguió.

El soporte técnico, para la toma de decisiones vinculadas al manejo de los materiales, aportando herramientas capaces de respaldar el estudio de la demanda de materiales, la planeación del inventario y el análisis de los costos asociados a esta gestión, incluyendo además, el desempeño de los proveedores así como los procedimientos requeridos para brindar, al planificador, la oportunidad de retroalimentar la información con la cual gerencia el manejo de los materiales, permitiéndole ajustar, en un momento determinado, los esquemas básicos de planeación y adaptarlos a las necesidades futuras de la empresa.

Según el perfil obtenido, del manejo y consumo de los materiales, se recomienda la aplicación del sistema propuesto, *bajo un período experimental*, sobre el grupo control de insumos que se define en la investigación. Esto permitirá determinar los niveles de servicio requeridos, para la gestión de estos artículos, así como el comportamiento de los pronósticos establecidos, los niveles de

inventario, los costos y tiempos involucrados. Así mismo, del resultado de esta prueba, podrán crearse las políticas de reestimación de parámetros, cálculo de los niveles de inventario y cantidades de pedido, además de establecer los procedimientos para implementar, o no, el sistema, aquellos materiales de menor significado estratégico.

Para esta etapa introductoria, se sugiere trabajar en un horizonte de planificación semestral, con periodos de revisión y cálculo de parámetros mensual, a fin de establecer una evaluación minuciosa del sistema.

A nivel Gerencial, se recomienda el uso de indicadores que permitan medir la función logística, para establecer la competitividad de la empresa en el mercado e incentivar la mejora: Rotación de inventarios, costos del manejo de inventario, tasas de cumplimiento de pedidos, exactitud del pronóstico, etc.

Es conveniente implementar políticas de distribución de información con el fin de obtener una gestión más acertada, a través de calendarios y eventos, para el intercambio de información, y definir un control que asegure reacciones rápidas, a los errores, en el pronóstico o en la estimación de parámetros.

Incorporar elementos tales como: revisiones periódicas de los niveles de materiales, estándares ajustados estacionalmente, cantidades eficientes de reorden con ajustes menores, basados en señales de demanda actualizada, así como el contemplar prácticas tales como el outsourcing para los artículos de baja criticidad, pueden favorecer ampliamente la gestión de la empresa en general.

Finalmente, el método propuesto para la planificación, representa una alternativa para soportar el proceso de gestión de los inventarios, en función de las características de la Gerencia de Planificación y Equipos de MODELO C.A., no obstante, su implementación, conlleva la responsabilidad de asumir las tareas de cálculo y estimación de las que depende esta herramienta, por tal motivo, se sugiere evaluar esquemas procedimentales que permitan llevar con éxito esta labor: desarrollo de herramientas complementarias en computadora, estudio de compatibilidad entre los archivos aportados por el sistema administrativo de la empresa y los recursos empleados para la planificación, etc.

## NOTAS

1. **Celda:** Es el área en que se divide cada zona de cobertura y en las cuales se ubican las estaciones celulares, que consisten en equipos tales como: antenas, equipos para procesamiento de voz y la conexión con la central.
2. **Racks:** Son estructuras físicas con apariencia de estantes rectangulares, donde se colocan el grupo de elementos que constituyen los equipos de celda. Estos se asocian comúnmente a la configuración de las radio bases: racks de 10, 15 o 20 VCH (Voice Channels o canales de voz). Suelen instalarse tantos racks como la sumatoria de canales logre suplir mejor la planificación de la celda.
3. **Canales, VCH o Canal de Voz:** Frecuencia que se le asigna a un móvil (Teléfono Celular), para transmitir y recibir señales de voz. En las celdas estan representados físicamente por tarjetas rectangulares empotradas en los racks.
4. Función de probabilidad discreta, aproximada a una distribución exponencial continua.
5. Los Indicadores macroeconómicos empleados en el complemento del costo de manejo de inventario (la tasa pasiva del mercado) se obtuvo como el promedio anual de las estimaciones publicadas por las siguientes fuentes: VenEconomía, Metroeconomía y PDVSA.
5. DÍAZ, Ángel. Gerencia de Operaciones – Inventario. IESA. Venezuela. 1998. Pág.1-26.
6. EVERETT, Adam. Administración de la Producción y las Operaciones. 4ta edición. Prentice Hall. México 1991. Pág. 41-47; 83-126; 494-520; 530-610.
7. FREUND, John. Estadística Elemental. 8va edición. Prentice Hall. México, 1994. Pág. 75-78; 217-220; 260-262; 373-375; 428; 436; 460-465.
8. GNB TECHNOLOGIES. Guía de Productos. S/e. USA, 1995. S/p.
9. POWERSAFE BATTERIES LTD (INFORMATION). S/e. USA 1997. S/p.
10. RELTEC CORPORATION, Communications Power Equipment and Systems Catalog. S/e. USA, 1996. S/p.
11. TAHA, Hamdy. Investigación de Operaciones. 2<sup>a</sup> edición. Alfaomega Editores. México, 1991. Pág. 421-435; 552-610.
12. TELCEL CELULAR C.A. Guía de Inducción Técnica. S/e. Venezuela, 1996. S/p.
13. WALPOLE MYERS. Probabilidad y Estadística. 4ta edición. McGraw Hill. México, 1996. Pág. 143-150; 170; 356-360; 378-398.

## REFENECIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANIXTER. Wire & Cable Catalog. S/e. USA, 1996. Glosario.
2. ARVELO, Francisco. Guía de Muestreo Aleatorio U.C.A.B. S/e. Venezuela. Pág. 1 -20.
3. BUFFA, Elwood. Sistemas de Producción e Inventario Planeación y Control. S/e. Editorial Limusa. México, 1992. Pág. 40 - 120.
4. CORPORATION BELLSOUTH. Documentación de Operaciones de Mercadeo. (Programa de Orientación - Introducción al Sistema Celular). S/e. USA. 1990. Pág. 3.