

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY

CAMPUS MONTERREY
DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA



DESARROLLO DE SIMULADORES BASADOS EN CASOS Y MODELACIÓN
DINÁMICA PARA EL SOSTENIMIENTO DE SISTEMAS DE CALIDAD

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

POR:

FRANCISCO ROJAS CABRERA

MONTERREY, N.L.

MAYO DE 2003

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

Los miembros del comité de tesis recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por el Ing. Francisco Rojas Cabrera sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias con Especialidad en:

SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

Comité de tesis:

Rafael E. Bourguet Díaz, MC.
Asesor

Martha Corrales Estrada, Ph. D.
Sinodal

Ángel M. Vélez Chong, MA.
Sinodal

Aprobado:

Federico Viramontes Brown, Ph. D.
Director del Programa de Graduados en Ingeniería
Mayo de 2003.

Dedicatorias.

“¿Qué hubiera sido de ti sin tu tía?” Me preguntan a menudo mis amigos. Desde hace ocho años que vivo contigo, y en tan corto tiempo me has dado todo tal cual si fuese tu hijo; apoyo, educación, sabiduría, abrigo, ropa y comida, y hasta un lugar en tu corazón. Y me resulta tan natural tenerte... ¿Qué que sería de mi sin ti? Madre, Padre y Amiga a la vez; si te debo mi futuro, mis triunfos y victorias.... ¡Gracias por todo, Tía Bertha!

A ti Mamá por darme la vida y enseñarme como aprovechar las oportunidades. No existen palabras suficientes para agradecer todo lo que has hecho por mí. Espero algún día recompensarte. Gracias Mamá.

A ti Papá por darme esa visión que me permite vivir la vida con tanta facilidad.

A mis hermanos por su compañía y apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mi familia y a mis amigos, gracias.

Reconocimientos.

Al Ingeniero Rafael Bourguet Díaz, por brindarme pacientemente su tiempo, experiencia y conocimientos. Pocos asesores se interesan tanto por el trabajo de sus tesisistas como él.

A mis sinodales; Dra. Martha Corrales e Ing. Ángel Vélez por servir como críticos de de la investigación, y por el apoyo brindado para el desarrollo de la misma.

A la Lic. María Guadalupe García, cuya participación resultó ser crucial para la realización de esta tesis.

Al Ing. Carlos Rodríguez por su ayuda incondicional en la etapa de experimentación.

A todos los que de alguna forma contribuyeron a la elaboración del presente trabajo.

Resumen Ejecutivo.

El método de casos es un mecanismo efectivo para el entrenamiento de gerentes en la toma de decisiones. Sin embargo carece de un medio por el cual se puedan poner en práctica, hasta cierto punto, las decisiones y conclusiones que se generan durante la discusión del mismo.

Se propone el desarrollo de un simulador mediante dinámica de sistemas para apoyar el método de casos y probar que el uso combinado de estas técnicas (caso- simulador) incrementan aun más el aprendizaje que la aplicación tradicional del método por si solo.

El objetivo entonces es desarrollar mecanismos simuladores basados en dinámica de sistemas y el método de casos para el entrenamiento de gerentes en la toma de decisiones, así como comprobar la efectividad de los simuladores como medio de aprendizaje en el área de sistemas de calidad.

La investigación se limita a la creación de un modelo de simulación para un caso en particular (Florida Power & Light, Harvard, 1990) sin buscar predecir el comportamiento exacto del caso en cuestión; más bien se busca la generación de aprendizaje mediante la modificación de lo modelos mentales en un ambiente dinámico de toma de decisiones en el cual se puedan observar los efectos de la interacción de los participantes en un periodo muy corto de tiempo.

El simulador es probado con varios grupos de estudiantes y gerentes; comparando las diferencias entre el método normal y el método propuesto. Se usa la taxonomía de Bloom (1975) para medir el aprendizaje y validar la hipótesis de la investigación.

Los resultados arrojados es un incremento en al aprendizaje en los alumnos que hicieron uso del simulador comparado con el grupo que solo se les aplicó el método del caso. Particularmente, el incremento se dio en las categorías de síntesis y conocimiento.

Por su parte el grupo de gerentes mostró obtener aprendizaje en las dos categorías de Bloom en las cuales fueron evaluados; análisis y síntesis.

Se concluye entonces, que la hipótesis de la investigación no es rechazada y, por lo tanto, el uso de simuladores junto con el método del caso incrementa aun más el aprendizaje que la aplicación tradicional del método por si solo en el área de sistemas de calidad.

Desarrollo de simuladores basados en casos y modelación dinámica para el sostenimiento de sistemas de Calidad.

Contenido

	Tema	Pág.
1.	Introducción.	1
1.1	Motivación.	1
1.2	Antecedentes.	1
1.3	Definición del problema.	3
1.3.1	Pregunta de Investigación.	3
1.4	Propuesta de solución a la problemática.	3
1.5	Formulación de la hipótesis.	4
1.5.1	Variables de la hipótesis.	4
1.6	Objetivos de la investigación.	4
1.7	Justificación.	5
1.8	Alcances y limitaciones.	5
1.9	Método de investigación.	5
1.10	Organización de la tesis.	6
2.	Marco teórico.	8
2.1	El método de casos.	8
2.1.1	El modelo tradicional de enseñanza.	8
2.1.2	El método del caso.	9
2.2	Dinámica de sistemas.	10
2.2.1	Conceptos generales.	10
2.2.2	Definición de sistema.	11
2.2.3	Estructura de un sistema.	12
2.2.4	Tipos de sistemas.	13
2.2.5	Componentes de un modelo de sistemas dinámico.	14
2.2.6	Herramientas computacionales de apoyo.	16
2.3	Sistemas de calidad.	18
2.3.1	Administración por directrices.	18
2.3.1.1	Elementos de la administración por directrices.	19
2.3.1.2	El Hoshin Kanri y el control total de calidad.	21
2.3.1.3	Administración funcional.	22
2.3.1.4	Elementos básicos de la RDT.	22
2.3.1.5	Análisis del proceso.	23
2.3.1.6	Estandarización.	23
2.3.1.7	Aseguramiento de resultados.	23
2.3.2	Equipos de trabajo en sistemas de calidad.	24
2.3.2.1	Círculos de calidad.	24
2.3.2.2	Aspectos significativos en la implantación de círculos de calidad.	25
2.3.2.3	Implementación de equipos de trabajo.	26
2.3.2.4	Evolución de los círculos de calidad.	28
2.3.2.5	Institucionalización de los equipos de trabajo.	29

3. Diseño del experimento.	32
3.1 Selección del caso.	32
3.2 Definición de los objetivos e indicadores aprendizaje.	32
3.2.1 Definición de objetivos de aprendizaje.	32
3.2.2 Definición de indicadores de aprendizaje.	33
3.3 Diseño del instrumento de evaluación.	34
3.3.1 Instrumento de evaluación para alumnos.	34
3.3.2 Instrumento de evaluación para gerentes.	43
3.4 Confiabilidad del instrumento de evaluación.	46
4. Diseño y desarrollo del simulador.	47
4.1 Proceso de modelación dinámica.	47
4.2 Articulación del problema.	49
4.3 Formulación de la hipótesis dinámica.	54
4.4 Formulación de un modelo de simulación.	61
4.5 Prueba.	69
4.6 Diseño de políticas y evaluación.	72
5. Análisis de los datos.	79
5.1 Análisis para alumnos.	79
5.1.1 Comparación global de los resultados.	79
5.1.2 Comparación de los resultados según la taxonomía de Bloom. .	83
5.1.2.1 Evaluación.	84
5.1.2.2 Comprensión.	86
5.1.2.3 Análisis.	87
5.1.2.4 Síntesis.	89
5.1.2.5 Conocimiento.	90
5.2 Análisis para gerentes.	91
5.2.1 Intervalos de confianza.	92
5.2.2 Clasificación.	93
6. Conclusiones e investigaciones futuras.	95
7. Referencias.	100
Anexo 1.	103
Anexo 2.	105
Anexo 3.	106
Anexo 4.	107
Anexo 5.	109
Vita.	113

Lista de figuras, gráficas y tablas.

Figura 2.1.- Estructura de un Sistema [Turban, 1995].	12
Figura 2.2.- Ciclo de Retroalimentación con Refuerzo.	15
Figura 2.3.- Ciclo de Retroalimentación con Balance.	15
Figura 2.4.- Modelo de Hoshin Kanri [ITESM, 1995].	19
Figura 2.5.- Elementos de la Administración por Directrices [ITESM, 1995].	20
Figura 2.6.- Modelo conceptual del CTC [ITESM, 1995].	21
Figura 2.7.- Concepto de control de procesos [ITESM, 1995]	22
Figura 3.1.- Instrumento de evaluación para gerentes.	45
Figura 4.1.- El proceso iterativo de la modelación [Sterman, 2000, pág 87	48
Figura 4.2.- Diagrama causal de la hipótesis dinámica inicial.	55
Figura 4.3.- Lazo de refuerzo “Motivación – Número de QIT” modificado.	56
Figura 4.4.- Diagrama causal del Número de QIT.	57
Figura 4.5.- Diagrama causal de la motivación.	58
Figura 4.6.- Diagrama causal de la motivación modificado.	59
Figura 4.7.- Diagrama causal final de la motivación.	60
Figura 4.8.- Diagrama causal para la calidad de la participación de los mandos medios.	61
Figura 4.9.- Diagrama de estructuras del número de QIT.	62
Figura 4.8.- Diagrama de estructuras de la motivación.	64
Figura 4.9.- Diagrama de estructuras de la calidad de participación de los MM como facilitadores.	65
Figura 4.10.- Diagrama de estructuras para las utilidades.	67
Figura 4.11.- Diagrama de estructuras de la motivación y el número de QIT.	68
Figura 4.12.- Diagrama de estructuras de los mandos medios y las utilidades.	68
Gráfica 4.1.- Modo de Referencia de la variable “Número de QIT”.	51
Gráfica 4.2.- Modo de Referencia de la variable “Motivación”.	51
Gráfica 4.3.- Modo de Referencia de la variable “Grado de complejidad de problemas”.	52
Gráfica 4.4.- Modo de Referencia de la variable “Espacio para crecer”.	52
Gráfica 4.5.- Modo de Referencia de la variable “Calidad de los Mandos Medios como facilitadores”.	53
Gráfica 4.6.- Modo de Referencia de la variable “Alcance de los proyectos”.	53
Gráfica 4.7.- Comparación entre el comportamiento real y el comportamiento simulado para el número de QIT.	63
Gráfica 4.8.- Comportamiento de la variable “Grado de complejidad de problemas”	65
Gráfica 4.9.- Comportamiento de la variable número de QIT para un valor de cero en la capacitación de QIT.	69
Gráfica 4.10.- Comportamiento de la variable número de QIT para valores de cero tanto en la capacitación como en el reconocimiento de los QIT.	70
Gráfica 4.11.- Comportamiento de la variable “Calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores” para un valor cero en la capacitación de QIT.	71
Gráfica 4.12.- Comportamiento de la variable “número de QIT” para un valor de 100 en la capacitación de QIT.	72
Gráfica 4.13.- Comportamiento inicial de en el número de QIT para una corrida optima de simulación.	73
Gráfica 4.14.- Comportamiento inicial de las utilidades para una corrida optima de simulación.	74
Gráfica 4.15.- Comportamiento inicial del grado de complejidad de problemas para una corrida optima de simulación.	74

Gráfica 4.16.- Tendencia del número de QIT una vez ajustada la variable “alcance de proyectos”.	75
Gráfica 4.17.- Tendencia de las utilidades una vez ajustada la variable “alcance de proyectos”.	75
Gráfica 4.18.- Comportamiento de la calidad de los MM como facilitadores para los ajustes en las variables “entrenamiento de facilitadores” y “política de participación”.	76
Gráfica 4.19.- Comportamiento final de la variable “Número de QIT.	77
Gráfica 4.20.- Comportamiento final para la variable “Utilidades”.	77
Gráfica 4.21.- Comportamiento final para la variable “Calidad de la participación de MM como facilitadores”.	78
Gráfica 4.22.- Comportamiento final para la variable “Grado de complejidad de problemas”.	78
Gráfica 5.1.- Resultados obtenidos por medio del instrumento de medición tanto por el grupo de control como el de experimentación.	79
Tabla 2.1.- Software para Simulación [Gracia, 1997, pág 26-28].	17
Tabla 2.2.- Fases de la vida de un programa de círculos de calidad [Lawler, 1985]	27
Tabla 3.1.- Taxonomía de Bloom [ITESM, 2002].	38
Tabla 3.2.- Valores de la escala de Likert.	44
Tabla 5.1.- Resultados de la prueba de normalidad para el grupo de control.	80
Tabla 5.2.- Resultados de la prueba de normalidad para el grupo de experimentación.	81
Tabla 5.3.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas.	82
Tabla 5.4.- Resultados de la prueba “t” para igualdad de medias.	83
Tabla 5.5.- Resultados obtenidos por el instrumento de medición según cada categoría de la taxonomía de Bloom para el grupo de control.	84
Tabla 5.6.- Resultados obtenidos por el instrumento de medición según cada categoría de la taxonomía de Bloom para el grupo de experimentación.	85
Tabla 5.7.- Resultados de las pruebas de igualdad de varianzas y de igualdad de medias para la categoría “Evaluación”.	86
Tabla 5.8.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “comprensión”.	87
Tabla 5.9.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “comprensión”.	87
Tabla 5.10.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “análisis”.	88
Tabla 5.11.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “análisis”.	88
Tabla 5.12.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “síntesis”.	89
Tabla 5.13.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “síntesis”.	89
Tabla 5.14.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “conocimiento”.	90
Tabla 5.15.- Resultados de las comparaciones entre las categorías de Bloom.	91
Tabla 5.16.- Prueba de normalidad.	93
Tabla 5.18.- Porcentaje de participantes que adquirieron aprendizaje.	94
Tabla 5.19.- Clasificación por categoría de las calificaciones.	94
Tabla 5.20.- Porcentaje de participantes que obtuvieron aprendizaje por categorías de Bloom.	94

1.- Introducción.

1.1.- Motivación.

La competencia mundial actual propiciada por una globalización económica-cultural así como el avance tecnológico en los sistemas de manufactura, comunicación, logística y servicios; han hecho de la búsqueda de una ventaja competitiva factor primordial para la sobre vivencia de la empresa. Un buen sistema de calidad siempre ha sido ventaja competitiva; sin embargo en la manufactura de clase mundial este tópico se ha convertido en un punto básico.

Es necesario entonces encontrar nuevas ventajas con las cuales competir, ventajas que optimicen las estructuras organizacionales y permitan la creación del cambio así como la innovación.

Por otro lado, la aplicación de herramientas sistémicas en la generación de valor dentro de la empresa ha sido poco explotado, dejando una gran área de oportunidad en la cual se pueda incursionar en busca de factores competitivos. Una de estas herramientas es el pensamiento de sistemas, que junto con el método tradicional de casos ofrece un poderoso medio para reducir la curva de aprendizaje [Grö ler, 2000]; la cual se puede aplicar en la administración y sostenimiento de sistemas de calidad.

Lo que se busca con el pensamiento de sistemas es que los gerentes adquieran una visión holística de su entorno con un claro entendimiento de las estructuras y procesos de la compañía para facilitar de esta manera el cambio y la innovación en su organización, y así obtener una ventaja competitiva.

La búsqueda de este tipo de ventajas por vía del estudio de modelos sistémicos simulados para su aplicación en sistemas complejos suaves como herramienta de aprendizaje (aprendizaje en el desarrollo de habilidades gerenciales y administrativos en un lapso menor de tiempo); y el interés propio del investigador en los procesos de intervención han sido el punto de partida para el desarrollo de esta investigación.

1.2.- Antecedentes.

El aprendizaje es un proceso de retroalimentación en donde nuestras decisiones alteran la realidad, nosotros recibimos información acerca de nuestro entorno y tomamos decisiones con base en esa información y en nuestros modelos mentales con el fin de lograr nuestros objetivos [Serman, 1994]. Desafortunadamente en el mundo de las acciones sociales varios impedimentos atrasan la retroalimentación y por lo tanto el aprendizaje, permitiendo que comportamientos erróneos y perjudiciales persistan.

Las barreras del aprendizaje incluyen la complejidad dinámica propia de los sistemas; retroalimentación inadecuada y ambigua, falta de percepción, incapacidad de simular la dinámica de nuestros mapas cognoscitivos; pobres habilidades interpersonales y organizacionales; y un pobre razonamiento científico [Serman, 1994]. Para obtener éxito,

los métodos de ampliación del aprendizaje acerca de sistemas complejos deben ser encaminados a solucionar todos estos impedimentos.

Para entender donde los modelos de sistemas dinámicos, especialmente modelos con casos, pueden contribuir a la educación gerencial, hay que considerar primero la forma en que la política de los negocios y de las estrategias son enseñados. El estudio de casos es la piedra angular. El objetivo es desarrollar habilidades para pensar “estratégicamente”, “ver el negocio como un todo” [Graham,1994]. Un caso típico consiste en 20 o 30 páginas de texto, más diagramas e información numérica, algunas veces reportes financieros y datos del mercado [Graham, 1994]. Usualmente, los casos proveen una breve historia de la compañía, una descripción sus productos o servicios, y la descripción de los competidores. Dependiendo del objetivo del caso es que se pueda incluir información adicional de la empresa; políticas de calidad, recursos humanos, sistemas implantados, etc. Los instructores de los casos utilizan la información del caso para encausar al grupo hacia la discusión [Graham, 1994].

Al final de la discusión de un caso los estudiantes pueden observar pizarrones llenos con sus propias opiniones, con un diseño visual controlado por el instructor. ¿Pero cuál ha sido el valor pedagógico de este proceso? Primero, los alumnos han sido tomados en cuenta, sus comentarios y opiniones han recibido atención. Segundo, el instructor ha impuesto disciplina en la discusión mediante el uso de un marco de trabajo, pero no una disciplina rígida. El marco de trabajo provee un amplio campo de preguntas las cuales generaron diversos comentarios. Con práctica y acompañado con algunas lecturas, los aprendices serán capaces de utilizar eficientemente el marco de trabajo. Tercero, la clase en su conjunto ha tenido un enfoque compartido hacia el debate de la información mostrada en los pizarrones.

Como quiera, el método del caso tiene sus limitaciones. La principal limitación es la imposibilidad de probar las hipótesis de los estudiantes así como los efectos de las mismas. Para evaluar las consecuencias de políticas diferentes a las descritas en el caso, y hasta atribuir causas a resultado actuales, es necesario conceptualizar un modelo del sistema descrito en el caso y practicar una simulación mental con el fin de inferir la probabilidad dinámica del sistema. Sin embargo, la gente experimenta grandes problemas al tratar de formular modelos apropiados de ambientes complejos así como de relacionar correctamente un sistema estructural de su comportamiento [Graham,1994, pág 226].

Investigaciones en tomas de decisiones dinámicas y en sistemas dinámicos muestran que ambientes caracterizados por múltiples retroalimentaciones, retrasos de información y no linealidad provocan grandes problemas. Algunos experimentos han demostrado que tanto estudiantes como gerentes igualmente sufren de una persistente falta de percepción de la señales de retroalimentación, lo que provoca una pobre ejecución y un lento o nulo aprendizaje.

Sin embargo, por medio de metodologías de simulación para sistemas dinámicos, esa falta de percepción puede ser reducida en la práctica real de tomas de decisión. Los sistemas dinámicos ofrecen un marco de trabajo para la conceptualización de negocios; herramientas para identificar la estructura física, organizacional y de toma de decisiones; así como

métodos de simulación para inferir correctamente en la dinámica de esas estructuras [Graham, 1994].

1.3.- Definición del problema.

La enseñanza gerencial actual requiere de sistemas educativos más eficientes que involucren la participación activa de los alumnos; es decir, pasar de un sistema educativo tradicional, en donde el alumno es un mero espectador receptor de ideas; a un sistema más participativo, en el cual se permita que el estudiante forme parte dinámica en su educación académica.

El método de casos es actualmente el mejor mecanismo de enseñanza para la educación de gerentes; ya que consiste en una discusión encausada o controlada a la resolución de un situación real, mediante de la exposición de ideas de los alumnos catalizadas con la experiencia del instructor. El método de casos permite desarrollar habilidades para identificar y definir problemas con base en un análisis crítico. Así mismo, desarrollar habilidades y actitudes para participación en grupos y proponer posibles cursos de acción. Sin embargo no hay oportunidad de llegar en ningún momento a una aplicación real de las soluciones, de manera que se pueda tener una retroalimentación por parte del sistema.

Lo anterior obliga a la adquisición de experiencia por medio de la práctica en situaciones reales mediante un aprendizaje dialéctico; sin embargo en ciertas áreas como la administración por calidad total y los sistemas de productividad, los errores cometidos durante el aprendizaje pueden resultar muy caros y perjudiciales tanto para el que los comete como para la empresa u organización en que se aplican.

Es necesario entonces un sistema simulador que permita la adquisición de experiencia a través de la toma de decisiones; pero sin sufrir las consecuencias en forma real. Este simulador no debe pretender dar las “respuestas” del problema; sino más bien generar posibles escenarios de la realidad de acuerdo a las soluciones propuestas en el método de casos.

Ya se han desarrollado este tipo de sistemas en otros países; sin embargo en México este tema es un tanto nuevo, y hacen falta simuladores que reflejen la situación económica de la empresas mexicanas, de manera que se adiestre a los gerentes para la toma real de decisiones en sistemas de calidad y productividad.

1.3.1- Pregunta de Investigación.

¿Incrementa la simulación computacional de casos, el aprendizaje gerencial comparado con el método de casos tradicional en el sostenimiento de sistemas de calidad?

1.4.- Propuesta de Solución a la Problemática.

El método del caso como herramienta para el aprendizaje interactivo ha resultado muy útil; sin embargo es necesario complementarlo con un sistema que permita probar las

conclusiones finales de la discusión. Para ello se propone el desarrollo de un simulador computarizado con el fin de incrementar el aprendizaje en el estudio de sistemas de calidad; principalmente sistemas de calidad que tengan que ver con círculos de calidad.

La meta del simulador será retroalimentar las decisiones tomadas para la solución del caso; para que de esta manera el alumno obtenga una comprensión sistémica del caso y sus implicaciones. Con esto se busca modificar las estructuras mentales de los alumnos y obtener aprendizaje en base a la experiencia simulada.

1.5.- Formulación de la hipótesis.

La formulación de la hipótesis queda como sigue;

“La aplicación de modelos simulados como complemento del método de casos mejoran el aprendizaje del alumno en sistemas de calidad comparado con la aplicación tradicional del método del caso”.

1.5.1.- Variables de la Hipótesis.

Variable dependiente.- Aprendizaje de los alumnos.

Variable independiente.- Modelo simulado.

Definición conceptual

Aprendizaje es el proceso de construcción de significancias a través del uso efectivo del conocimiento.

El modelo simulado es la interpretación sistémica del caso por medio de diagramas causales soportado por un programa computacional que permita la modificación intencionada de variables (variables de los diagramas causales).

Definición operacional

Aprendizaje.- examen

Modelo simulado.- aplicación de modelo simulado.

1.6.- Objetivos de la Investigación.

Los objetivos de la investigación son los siguientes;

- 1 Desarrollar mecanismos simuladores basados en computadoras para el entrenamiento de gerentes en la toma de decisiones en sistemas de Calidad.
- 2 Comprobar la efectividad de los simuladores como método de aprendizaje para la toma dinámica de decisiones en el área de sistemas de calidad.

1.7.- Justificación.

- Conveniencia

Permitirá conocer la efectividad del uso de simuladores como complemento del método de casos.

- Relevancia Social

De ser validada la hipótesis, se obtendrá una manera efectiva de generar aprendizaje en la toma dinámica de decisiones para el entrenamiento de gerentes en un periodo corto de tiempo.

- Implicaciones prácticas

Se obtendrá un método de enseñanza-aprendizaje más completo el cual se puede integrar al sistema educativo del ITESM.

1.8.- Alcance y Limitaciones.

La presente investigación busca probar la efectividad de la simulación de sistemas suaves como herramientas de transmisión y creación de conocimiento en el área de sistemas de calidad. Se pretende ampliar el aprendizaje generado por medio de la aplicación del método de casos tradicional con la ayuda de un simulador expresamente diseñado para un caso en particular; en el cual se aborden elementos educativos que se deseen transmitir al alumno.

Para ello se requiere seleccionar un caso que cumpla con ciertos criterios definidos por el área de conocimiento a experimentar. Una vez seleccionado el caso se procederá a desarrollar el modelo computacional. La simulación no busca predecir el comportamiento exacto del caso en cuestión de manera que las decisiones que den buenos resultados se tomen como absolutas; sino más bien busca la generación de aprendizaje mediante la modificación de los modelos mentales en un ambiente dinámico de toma de decisiones en el cual se puedan observar los efectos de nuestra interacción en un periodo muy corto de tiempo.

La investigación se limitará a personalizar el simulador a un solo caso y probarlo con varios grupos de estudiantes y gerentes; comparando las diferencias entre el método normal y el método propuesto. Dependiendo de las conclusiones se sugerirán nuevas áreas de investigación así como recomendaciones y trabajos futuros.

1.9.- Método de Investigación.

El método de investigación a usar es el científico y los pasos a seguir en esta investigación se describen a continuación;

1. Planteamiento de objetivos y logros de aprendizaje en el área de Calidad y Productividad que se desea apoyar con simuladores.
2. Selección de caso a simular.
3. Recolección de datos e información necesaria para el diseño y desarrollo del simulador.
4. Diseño y desarrollo del simulador.
5. Especificación de los indicadores de evaluación, aprendizaje y logros, así como el diseño del ambiente de aprendizaje.
6. Aplicación de la estrategia de casos a un grupo con y sin simulador.
7. Análisis de resultados comparativos.
8. Documentación de resultados.

1.10.- Organización de la Tesis

El presente trabajo se encuentra dividido en siete partes; las primero seis partes constituyen los capítulos de la investigación, los cuales son:

Capitulo I .- Introducción, aquí se define el problema de investigación; se realiza la pregunta de investigación y se formula la hipótesis así como sus variables; se propone una solución a la situación problemática y se define la metodología a seguir. También se describe brevemente el contenido de la tesis.

El Capitulo II es el marco teórico de la investigación; se abordan las principales áreas a considerar dentro del trabajo; método de casos, sistemas de calidad, pensamiento sistémico, y el uso de simuladores en el aprendizaje interactivo. Por medio del marco teórico se pretende esclarecer el rumbo de la investigación así como el estado del arte de los temas a tratar

El Capitulo III describe el diseño completo del experimento, empezando por la selección del caso, la definición de los objetivos e indicadores de aprendizaje, y el diseño del instrumento de medición.

El Capitulo IV trata sobre el desarrollo del simulador; se inicia con la definición del problema a modelar así como la delimitación de los límites del simulador. Se identifican las variables clave del modelo y se obtiene su modo de referencia. Una vez modelado el problema por medio de herramientas de dinámica de sistemas, se inicia la construcción del simulador por medio de un programa especial para simulación. Por último el simulador es probado bajo diferentes condiciones con el fin de validarlo.

El Capitulo V trata del análisis de los resultados; aquí se determinarán las herramientas estadísticas a usar para medir y comparar los indicadores de aprendizaje entre los diferentes grupos en experimentación. De acuerdo a los resultados obtenidos se validará y discutirá la hipótesis de investigación tanto en términos estadísticos como en términos de la propia investigación.

El Capitulo VI se dedicará a las conclusiones e investigaciones futuras; se harán conclusiones tanto del apoyo de simuladores al método de casos, como los beneficios y/o desventajas obtenidos en el área de calidad y se plantearan conclusiones sobre la aplicación de simuladores en otras áreas de conocimiento. Todo ello con el fin de dar un panorama más amplio de los resultados de la investigación.

La séptima parte de la tesis esta destinada a las referencias bibliográficas y la octava parte será para los anexos y documentación del simulador.

2.- Marco Teórico.

2.1.- El método de casos

2.1.1.- El modelo tradicional de enseñanza.

El modelo tradicional de enseñanza se basa en el aprendizaje por medio de la transmisión de ideas; de un experto (profesor) a un novato (alumno)[Garvin,1991, pág 5]. El profesor controla cada uno de los elementos críticos del proceso; pasos, secuencia y modo de presentación. En la práctica esto usualmente significa que lo expuesto por el profesor, es registrado y absorbido por el alumno. Así mismo los intercambios entre el profesor y los estudiantes están limitados a breves sesiones de preguntas y respuestas con muy poca interacción entre estudiantes.

Este modelo ha dominado la educación moderna. Desde el jardín de niños hasta las universidades, el profesor habla la mayor parte de la clase. ¿Y por qué no? Si el objetivo es la transmisión y acumulación del conocimiento, entonces el proceso es práctico, eficiente y de fácil comprensión.

Sin embargo, existen fuertes críticas a este modelo de enseñanza. Estas críticas se pueden dividir en tres amplias categorías; cognoscitiva, filosófica y pragmática [Garvin, 1991]. La primera categoría surge debido al supuesto del modelo tradicional de que el estudiante puede asimilar y retener información independientemente de su uso. Algunos estudios han demostrado que, cuando la lectura es el método dominante de enseñanza, los estudiantes olvidan el 50% del contenido del curso en unos pocos meses [Garvin, 1991]. Para que el aprendizaje realmente ocurra los estudiantes necesitan ser parte activa del proceso educativo.

Una segunda objeción al modelo tradicional es la filosófica. Aquí el debate se centra sobre los fines más que en los medios. El modelo tradicional implica que el principal objetivo de educación es la transferencia de información. Hechos, teorías y modos de análisis deben ser comunicados de manera que cada generación pueda construir sobre las bases de sus predecesores. De acuerdo con esto el conocimiento reside en el aprendizaje, y dicho conocimiento es mejor transmitido por medio de las lecturas.

Las lecturas son un método muy eficiente para transmitir la información. Hasta con niveles bajos de retención, las lecturas son una poderosa herramienta, especialmente cuando los conceptos son muy complejos. Sin embargo las lecturas se ven limitadas si el objetivo de la educación va más allá de la transferencia de información. El desarrollo de un juicio clínico, la formación de habilidades críticas, la formación de una sensibilidad artística son características difíciles de lograr mediante la lectura. Preparar estudiantes para que piensen de manera independiente requiere de un gran cambio. Y si el objetivo de la enseñanza es ayudar a los estudiantes a madurar como individuos y forjar su propia identidad, el modelo tradicional tiene aun menor alcance.

La tercera crítica u objeción de los modelos tradicionales es la pérdida de interés del alumno hacia la enseñanza. Los estudiantes actuales tienen un desapego con la educación tradicional, para muchos de ellos, las clases son más una tortura que un deleite. Para dichos estudiantes, cualquier alternativa a la enseñanza tradicional es una mejora.

No por nada, estas objeciones han reforzado la búsqueda de un modelo de educación alternativo. Han surgido varios nombres, incluyendo aprendizaje activo, aprendizaje auto-direccionado, educación centrada en el alumno, educación humana, y educación progresiva. Pero en cada caso se enfatiza lo mismo; el alumno debe estar activamente envuelto en el proceso de aprendizaje.

2.1.2.- El método del caso.

El éxito en la práctica de una enseñanza activa requiere tres cambios fundamentales; El primero es un cambio en el balance del poder: de un salón autocrático, donde el instructor es todo poderoso, a un ambiente más democrático, donde los alumnos participan en las decisiones [Christensen, 1991, pág 16]. El segundo cambio es la localización de la atención; de concentrarse solamente en el material de clase a un enfoque balanceado en contenido, participación de los alumnos y un clima de aprendizaje. El tercer cambio es en las habilidades de instrucción; de una explicación declarativa, basada en un entendimiento analítico y conocimiento de los temas de la materia, a preguntar, escuchar y responder, de manera que las habilidades interpersonales y la sensibilidad del grupo se desarrolle.

Uno de los principales modelos de aprendizaje activo es el que se da por medio de la discusión; y el método del caso constituye un modelo particular de este tipo de enseñanza. El objetivo del método del caso es el desarrollo de habilidades para un “pensamiento estratégico”, “visión sistémica de un negocio”, o “adoptar el papel de un gerente general”. El método del caso no busca las respuestas correctas a una problemática dada, sino hacer uso de habilidades analíticas y hechos disponibles en una situación gerencial para generar decisiones razonables sobre los cursos de acción [Felton, 2000, pág 1].

El uso del método de casos como herramienta para el aprendizaje dinámico tiene una larga historia. Los centros de educación superior en Estados Unidos, fueron los lugares pioneros en donde se empezó aplicar este concepto; principalmente en el área de medicina, negocios y leyes. De hecho, la escuela de leyes de Harvard reporta el uso de este método desde el año de 1860 [Hoag, 2001, pág 51].

Las escuelas de negocios tienen gran apego en el método de casos, principalmente debido a la capacidad de mostrar las interrelaciones de las funciones administrativas. Un libro de texto de 1931 define la filosofía de Harvard;

“Los estudiantes comprenden que están tratando con situaciones de negocios actuales más que con teorías intangibles; además de que el conocimiento adquirido por este medio puede ser aplicado en un futuro en la solución de problemas similares”. [Hoag, 2001, pag 51].

El método de casos es más efectivo que los métodos tradicionales de enseñanza debido a que, en primer lugar; representan con mayor precisión la complejidad y ambigüedad de los problemas de la vida real; en segundo lugar, provee un marco en el cual se hace explícito el proceso de solución de conflictos tanto para los estudiantes como para el maestro; y en tercer lugar da a los estudiantes de un medio para adquirir las habilidades de solución de conflicto que debe tener un profesional en la práctica [Stepich, 2001].

Le efectividad de cualquier clase que incluya el método del caso se ve influenciada por cuatro factores [Felton, 2000, pág 1]; El primero es el cuidado y detalle con el que el instructor ha seleccionado y preparado el material del caso. La enseñanza; para ser efectiva, demanda una preparación muy detallada por el profesor, quien debe tener una completa idea del plan de aprendizaje así como de los puntos claves del caso que se deben recalcar.

El segundo factor es la motivación y compromiso de los participantes para preparar el material que se les ha dado en clase. Los miembros de la clase deben estar completamente familiarizados con elementos y hechos del caso.

El tercer factor es la diversidad de los participantes; su perfil y experiencia. Las diferencias en perfil pueden ofrecer ricos y diversos puntos de vista de la situación analizada, y pueden ampliar la comprensión de los participantes.

El cuarto factor es el ambiente físico del salón de reunión. La forma del salón, el arreglo de las mesas, el acomodo de los asientos, la luz, la acústica; todo influye en la respuesta del grupo. Regularmente, el instructor tiene poco control sobre el ambiente físico de la sala; sin embargo debe de hacer todo lo que este a su alcance para propiciar el fácil, activo y dinámico intercambio de ideas.

Estos cuatro factores deben de planearse adecuadamente; ya que el descuido de alguno de ellos provocará que los alumnos no desarrollen por completo su potencial y por lo tanto el método no cumpla con su función.

En síntesis, el método del caso constituye una técnica muy efectiva de aprendizaje; ya que propicia la participación activa del alumno en el proceso educativo. Además, por medio de este método se logra que el alumno adquiera habilidades en el proceso de solución de problemas que le serán de utilidad en su práctica profesional; habilidades que muy difícilmente se hubieran adquirido con un método de enseñanza tradicional.

2.2.- Dinámica de Sistemas.

Para la realización de un programa computacional de simulación que incluya el uso de variables suaves, es necesario primero comprender a la dinámica de sistemas desde sus conceptos generales. Estos conceptos se explican a continuación.

2.2.1.- Conceptos Generales.

La dinámica de sistemas es una técnica de modelación desarrollada en el departamento de ciencias de la ingeniería del Instituto Tecnológico de Massachusetts, la cual enfatiza la estructura de los ciclos con retroalimentación de los sistemas altamente complejos [Sterman, 1993]

En 1956, Jay W. Forrester, basándose en la patente básica de memoria magnética, decidió aplicar los principios de control de retroalimentación a los sistemas socioeconómicos. Aceptando una posición en la Escuela de Administración Industrial en el MIT, el profesor Forrester empezó a aplicar estos principios a los problemas administrativos de una corporación dando como resultado la publicación de Industrial

Dynamics en 1961; un extenso tratado sobre el uso de los principios de retroalimentación y simulación para ayudar a la administración de una compañía.

En las tres décadas pasadas, la Dinámica de Sistemas ha sido aplicada ampliamente en áreas tales como cambios ambientales, desarrollo económico, disturbios sociales, decadencia urbana, psicología y fisiología. Así mismo, ha habido un crecimiento en las herramientas que han sido desarrolladas y aplicadas, incluyendo diagramas de ciclo causales, teoría del caos, análisis estadístico y ambientes de trabajo interactivo [Gracia, 1997].

La dinámica de sistemas retiene ciertos principios básicos que forman un importante puente entre la realidad y nuestra habilidad de entendimiento:

- 4 Se concentra en las relaciones dinámicas y de retroalimentación.
- 4 Representa el comportamiento de la toma de decisiones basándose en la disponibilidad de la información actual.
- 4 Reconoce explícitamente el desequilibrio y el proceso de ajuste.
- 4 Incorpora las relaciones no lineales cuando es apropiado.
- 4 Cuantifica conceptos y relaciones no medibles, pero importantes.

La dinámica de sistemas se enfoca en la representación de la complejidad dinámica que caracteriza al medio ambiente, basándose en los conceptos anteriores para realizar dicha presentación [Gracia, 1997].

Estos conceptos son una fuerte ayuda en la simulación de la complejidad dinámica del comportamiento de las estrategias que estas poseen.

2.2.2.- Definición de Sistema.

La palabra sistema tiene muchas interpretaciones, dependiendo del contexto en que se use. Podría significar, por ejemplo, un procedimiento, un proceso o su control, o el concepto de entes interactuando [Hernández, 2000]. Todas estas son formas válidas de usar la palabra, sin embargo un punto útil de inicio para llegar a una definición precisa, es tomar una definición general que incluya todas las interpretaciones ya mencionadas; “Un sistema es un conjunto estructurado de objetos y (o) atributos, junto con las relaciones existentes entre ellos” [Wilson, 1993, pág 441]. A esto añadimos un punto que marca la diferencia entre el concepto de “sistema” y “conjunto”. Un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y de manera coordinada, teniendo como objetivo el alcance de una meta en común [Cochin, 1990].

Efrain Turban [Turban, 1995] define un sistema como una colección de objetos, tales como gente, recursos, conceptos y procedimientos que intentan desempeñar una función identificable o servir a una meta. De la misma manera Jay W. Forrester [Forrester, 1971] define sistema como una agrupación de partes que operan juntas para un propósito en común.

Partiendo del concepto de “sistema”, un sistema dinámico es una representación de los datos observados en un sistema del mundo real, apoyándose en estructuras básicas que permiten generar réplicas de la amplia variedad de comportamientos que presentan variación en el tiempo (dinámicos) y que se encuentran en la realidad [Hernández, 2000]. Estas estructuras son el reflejo del comportamiento de los elementos que

componen un sistema, así como de la naturaleza de la interrelación de dichos elementos. En el estudio de un sistema, puede suceder que lo que interese estudiar de manera fundamental sea su evolución en el tiempo, y de forma concreta, cómo las interacciones entre los elementos que conforman al sistema determinan esta evolución.

La filosofía de la dinámica de sistemas se apoya en la creencia de que el medio ambiente (o los registros históricos de cambios en la evolución) de una organización es afectado de manera principal por la estructura de la misma. La estructura no incluye solamente los aspectos físicos de una organización y sus procesos productivos, sino de manera más importante, a la política y tradiciones, aspectos tanto tangibles como intangibles que dominan la toma de decisiones en las organizaciones. Así la estructura de ésta contiene fuentes de amplificación, retrasos y lazos de retroalimentación similares a los complejos sistemas de ingeniería.

Un segundo aspecto de la filosofía de la dinámica de sistemas es el concepto de que las organizaciones son visualizadas de manera más efectiva en términos de sus funciones fundamentales más que en términos de funciones separadas [Hernández, 2000]. Los flujos de información pueden ser identificados en todas las organizaciones. La orientación de estos flujos a través de la estructura permite que el analista pueda “atravesar” las fronteras suborganizacionales de un modo natural.

2.2.3.- Estructura de un sistema.

Los sistemas están divididos en tres partes distintas; entradas, procesos y salidas; están rodeados de un medio ambiente y frecuentemente incluyen un mecanismo de retroalimentación (figura 2.1) [Turban, 1995].

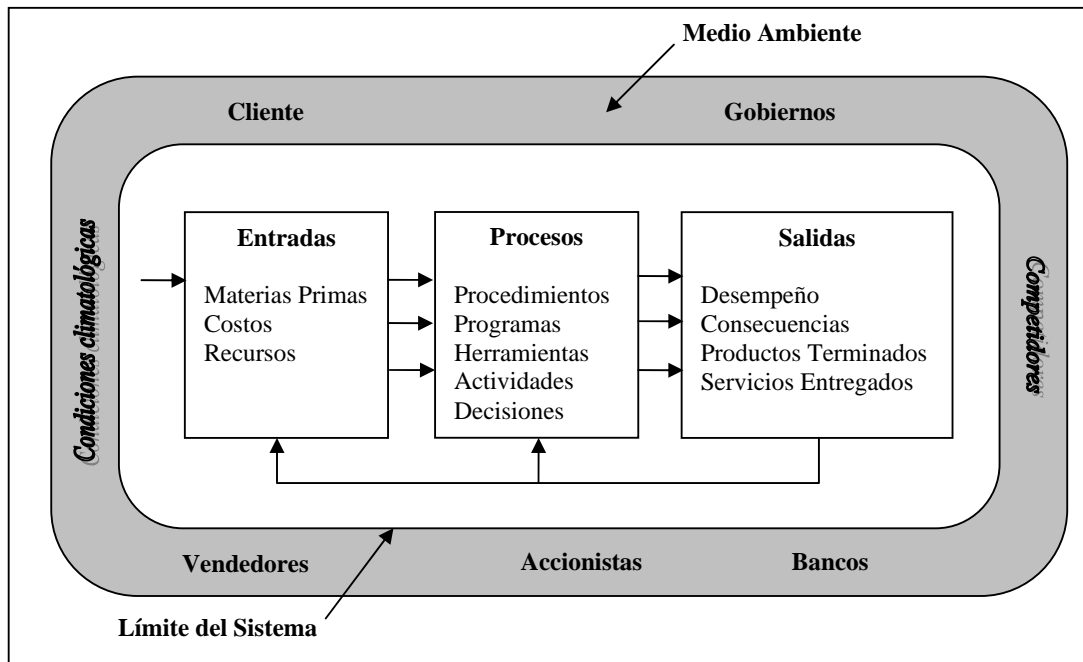


Figura 2.1 Estructura de un Sistema [Turban, 1995].

- 4 Las entradas incluyen aquellos elementos que ingresan al sistema.
- 4 Los procesos son todos los elementos necesarios para convertir o transformar las entradas en salidas.
- 4 Las salidas son los productos terminados o las consecuencias de estar en el sistema.
- 4 La retroalimentación es el flujo de información de la salida a las entradas, de tal manera que éstas se ven modificadas; esta información concierne a la salida del sistema o desempeño del mismo.
- 4 El medio ambiente está compuesto de los elementos fuera del sistema en el sentido que no son entradas, salidas o procesos. Sin embargo, tienen impacto en el desempeño del sistema y consecuentemente en el logro de las metas.
- 4 Los límites del sistema separan a éste del medio ambiente.

La estructura del sistema que se considera en este trabajo consiste de: entradas, que son variables que se pueden cambiar; procesos, dados por las relaciones entre las variables, de tal manera que el valor de éstas se modifica; y salidas, que son las variables que la empresa no puede cambiar directamente; pero sí a través de las entradas y los procesos.

2.2.4.- Tipos de Sistemas.

Existen dos tipos de sistemas cuya definición depende del grado de interdependencia que tengan [Turban, 1995]:

- 4 Sistema abierto es aquél que acepta entradas del medio ambiente y puede entregar salidas en él, es decir, es altamente dependiente del medio ambiente.
- 4 Sistema cerrado es aquél que es totalmente independiente del medio ambiente.

Sin embargo los sistemas se pueden también definir de acuerdo a la influencia de la salida en la entrada del sistema [Forrester, 1971]:

- 4 Un sistema abierto está caracterizado por salidas que responden a las entradas; pero donde las salidas están aisladas y no tienen influencia en las entradas.
- 4 Un sistema cerrado, llamado también sistema de retroalimentación está influenciado por su propio comportamiento pasado. Un sistema cerrado tiene una estructura de ciclo cerrado que trae resultados de acciones pasadas al sistema para controlar futuras acciones.

Estas dos últimas definiciones son conocidas en Sistemas de Control y Retroalimentación como Sistemas de Ciclo Abierto y Sistemas de Ciclo Cerrado, respectivamente.

El presente trabajo contempla la representación de sistemas cerrados desde el punto de vista de Forrester; ya que es un sistema cuyo comportamiento depende del pasado y sus salidas son tomadas en cuenta para producir nuevas entradas.

2.2.5.- Componentes de un modelo de sistema dinámico.

Un modelo consiste en un sistema abstracto, en el cual los elementos que están interactuando son conceptos abstractos y las relaciones entre ellos están formalizadas [Hernández, 2000]. Un ejemplo de esto es un sistema matemático, cuando se definen una serie de variables y se establecen relaciones formales entre las mismas; como lo es un sistema de ecuaciones.

En el proceso de construcción de un modelo de simulación de un sistema, es necesario definir que componentes son los que interactúan y son los responsables del comportamiento que se está estudiando. Esto involucra el definir fronteras para el sistema, las cuales deben marcarse de tal manera que dentro de éste se incluyan aquellos componentes que son necesarios para la generación de los modos de comportamiento de interés. Si el objetivo es el estudio y simulación de determinadas características de un sistema; los elementos dentro del sistema deben ser capaces de generarlas [Turban,1995].

Se debe tener en cuenta que fuera de los límites o fronteras del sistema, existen elementos que aunque no están relacionados de manera directa con los procesos internos, tienen un nivel de influencia significativo en el comportamiento del mismo; por lo cual deben ser tomados en cuenta en el proceso de modelado, bajo la premisa que permanecerán fuera del sistema [Gracia, 1997].

Los elementos que intervienen en un sistema pueden dividirse de manera general en dos ramas [Hernández 2000];

1. Variables exógenas: Son aquellas de utilidad para describir los efectos sobre el sistema que son susceptibles de ser modificados desde el exterior del mismo.
2. Variables endógenas: Estas sirven para denotar los elementos inmersos dentro de la frontera del sistema, y cuyo comportamiento está determinado de manera directa por la estructura del sistema.

En inicio del proceso de construcción del modelo, es necesario elegir cuales serán las variables que intervendrán en el modelo, y clasificarse en exógenas o endógenas, según su naturaleza.

Después de esto viene el proceso de construcción de un diagrama esquemático con los elementos que están relacionados entre sí. En este diagrama los elementos se unen por medio de flechas que denotan la estructura de las relaciones entre los elementos, así como la naturaleza de la relación entre las variables. A este diagrama se le conoce como Diagrama Causal [Aracil, 1983, pág 45].

El diagrama causal es la herramienta a través de la cual se representarán las relaciones entre las variables identificadas en la situación a analizar, de esta forma el “modelo mental” de la situación en particular, toma la forma de una representación diagramática relacional: La de un diagrama causal [Hernández, 2000, pág 39]

Las variables pueden tener entre sí diferentes tipos de relaciones, las cuales se grafican siguiendo una nomenclatura basado en la naturaleza de la relación de afectación de

variables. Entre los elementos de los que esta compuesto un diagrama causal, el ciclo de retroalimentación es básico; ya que representa un flujo recíproco de influencia.

Existen dos tipos de ciclos de retroalimentación; los de refuerzo y los de balance [Gracia, 1997, pág 19]. En los ciclos de retroalimentación de refuerzo todas la influencias “refuerzan” la siguiente etapa del ciclo. Un ejemplo de estos ciclos se muestra en la figura 2.2 [Senge, 1999, pág 109].

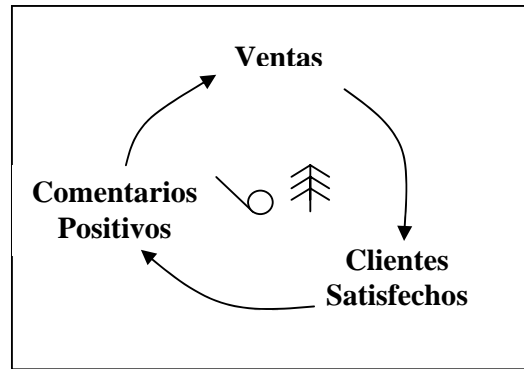


Figura 2.2 Ciclo de Retroalimentación con Refuerzo.

De la figura 2.2 se puede inferir que si el producto es bueno, más ventas significan más clientes satisfechos, lo cual significa más comentarios positivos. Esto provoca aún más ventas, lo cual significa aún más comentarios positivos, y así sucesivamente. Por otra parte, si el producto es defectuoso, el círculo virtuoso se transforma en círculo vicioso: las ventas redundan en menos clientes satisfechos, menos comentarios positivos y menos ventas, lo cual conduce a aún menos comentarios positivos y aún a menos ventas [Senge, 1999, pág 109].

Los ciclos de retroalimentación de balance buscan la estabilidad a través de una autocorrección para ajustar a un nivel. Un ejemplo de estos ciclos se muestra en la figura 2.3 [Gracia, 1997, pág 19], el cual se interpreta; entre más grande sea la cantidad de pedidos más pedidos demorados se tendrán y el tiempo de entrega será mayor, lo que dificultará las ventas y hará que la cantidad de pedidos disminuya hasta encontrar un punto de balance.

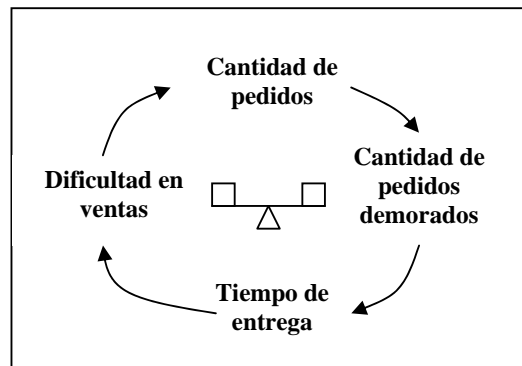


Figura 2.3 Ciclo de Retroalimentación con Balance.

La existencia de ciclos de retroalimentación es lo que determina un comportamiento particular para cada sistema dinámico. La existencia de relaciones causa-efecto no da

lugar a ninguna forma de comportamiento peculiar de un sistema [Hernández, 2000, pág 41].

Después de haber desarrollado el diagrama causal del sistema bajo análisis, es necesario definir el tipo de variaciones que están siendo utilizadas en el sistema. De esto se deriva la existencia de 3 tipos de variables a utilizar en la construcción del modelo [Hernández, 2000, pág 41];

1. Variables de flujo.- Estas variables determinan las variaciones en los niveles del sistema. Caracterizan las acciones que se definen en el sistema, y quedan almacenadas en las variables de nivel.
2. Variables de nivel.- Son aquellas variables cuya evolución es significativa para el estudio del sistema. Representan magnitudes que acumulan el resultado de acciones tomadas en el pasado.
3. Variables auxiliares.- En estas variables se representan los pasos o etapas entre variables de nivel y las variables de flujo, siendo en realidad parte integrante de las mismas.

El manejo de estas variables esta relacionado con un sistema de ecuaciones de primer orden, y el diagrama resultante es conocido como Diagrama de Forrester [Hernández, 2000, pág 41].

Una vez identificadas las variables de nivel, flujo y auxiliares se procede al desarrollo del modelo; el cual se construye a partir del diagrama causal. Se puede considerar que el diagrama de Forrester es en cierta forma un modelo matemático, ya que los elementos que lo integran tienen asociada una ecuación matemática que caracteriza la función de cada elemento.

Después del desarrollo, revisión y simulación del comportamiento del sistema a través de los diagramas causales y de Forrester, se puede dar paso al uso de simuladores computacionales para analizar el comportamiento del sistema. Un aspecto sumamente importante en esta fase, es la realización de análisis de sensibilidad del modelo. Esto se hace con el fin de analizar la interdependencia de las variables de salida con las variables de entrada y a su vez validar las hipótesis que dieron origen a la estructura del modelo [Gracia, 1997].

Es necesario denotar que el proceso de desarrollo del modelo es de naturaleza iterativa, esto es, el proceso de construcción no es lineal, sino que algunos de los pasos tienen que ser repetidos varias veces, lo cual lleva al desarrollo de varias “versiones” del modelo, cada vez más perfeccionadas [Aracil, 1983, pág 135-139].

2.2.6.- Herramientas computacionales de apoyo.

El objetivo de utilizar paquetes computacionales como apoyo a la modelación de sistemas dinámicos está basado en el hecho de que el manejo de modelos grandes y complejos es notoriamente difícil y con un gran índice de error si se intenta hacer manualmente [Hernández, 2000, pág 43]. Desde el inicio del desarrollo de la dinámica de sistemas, se han utilizado herramientas computacionales como apoyo a la simulación

de los modelos dinámicos desarrollados [Sterman, 1994]. Una de las primeras herramientas utilizadas fue el lenguaje de programación Fortran (en los años 50's) [Hernández, 2000, pág 43]; mismo que fue la base conceptual para el desarrollo del lenguaje que marcó la pauta en el uso de paquetes computacionales aplicados a la dinámica de sistemas. De él derivó el software Dynamo, a finales de los 50's, por un grupo liderado por Jay W. Forrester, que marcó la pauta del desarrollo de lenguajes para la simulación de modelos dinámicos.

Otras de las aplicaciones computacionales que han tenido amplio uso dentro de la simulación se muestran en la tabla 2.1 [Gracia, 1997, pág 26-28].

Software para Simulación.				
Producto	Proveedor	Características	Ambiente Operativo	Compatibilidad
Action Workflow Analyst	Action Technologies	Modelador visual, análisis what-if, administración de tiempo y recursos, captura la lógica del negocio.	Windows, Windows N.T. Macintosh Unix, OS/2	Workflow Builder, Workflow Manager.
ADAS	Cadre Tech Inc	Simulación interactiva con animación.	DOS	
ARIS-Toolset	IDS	Administración de modelos de referencia, flexibilidad en reportes, interfase gráfica orientada a objetos, desarrollo de modelos de comparación.	Windows	
Cinema Animation System, SIMAN	Systems Modeling Corp.	Simulación interactiva con animación.	Windows	
COMNET, LANNET, MODSIM	CACI Product Co.	Simulación interactiva con animación.	DOS	Compatibilidad entre paquetes Transferencia de datos
DYNAMO	Pugh-Roberts Associates	Lenguaje de simulación basado en mainframes IBM PC. Utilizado en logística, administración de proyectos y otras aplicaciones corporativas	IBM	
Ithink	High Performance Systems, Inc.	Herramienta de simulación, interfase gráfica, orientada a administradores.	Windows Macintosh	Stella
Powersim	Worcester Polytechnic Institute	Medio ambiente de simulación poderoso con interfase gráfica y arreglos	Windows	
Stella	High Performance Systems, Inc.	Herramienta de simulación, interfase gráfica, propósitos generales.	Windows Macintosh	Ithink
VENSIM	Ventana Systems, Inc.	Es un medio ambiente de simulación con interfase gráfica y capacidades para estimación estadística y calibración de modelos con datos históricos.	Windows	

Tabla 2.1 Software para Simulación [Gracia, 1997, pág 26-28].

De los programas computacionales para simulación mostrados en la tabla 2.1, los de mayor uso en dinámica de sistemas son VENSIM, Ithink, Stella y Powersim. No obstante; aunque modelos sencillos pueden ser desarrollados con el uso de simples hojas de cálculo, el desarrollo de modelos complejos requiere de software que permita el manejo ágil de variables y la explotación de diferentes niveles de salida de información [Hernández, 2000, pág 45].

Es por ello que para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se hará uso del programa *Ithink*® versión 7.0 *Analyst*, por ser un programa al cual el autor tiene acceso y se encuentra familiarizado con su funcionamiento; además de permitir una modelación sencilla, poderosa y contar con una interfase gráfica de alto nivel de fácil manejo.

2.3.- Sistemas de Calidad.

Los conceptos de calidad a manejar dentro del presente trabajo están principalmente relacionados con círculos de calidad y administración por directrices. No se pretende profundizar demasiado en el segundo tema; sin embargo, los círculos de calidad no se pueden explicar sin un sistema de calidad total que los respalde.

Es por ello que se inicia explicando la Administración por Directrices, sus elementos y funciones, con el fin de dar una panorama general sobre un punto estratégico de la Administración por Calidad Total y ubicar así, a los equipos de trabajo dentro de los conceptos de la misma.

2.3.1.- Administración por Directrices.

El termino Administración por Directrices (también conocida como Administración por Políticas) es la traducción al español de la frase japonesa *Hoshin Kanri*. La palabra Hoshin se compone de dos caracteres chinos: *ho* y *shin*. Ho significa método o forma, y *shin* aguja resplandeciente o brújula. La unión de estas dos palabras significa “la aguja de una brújula apuntando a la dirección que se debe tomar”, o también puede interpretarse como “metodología para establecer un rumbo o dirección estratégica”.

Por otra parte, *Kanri* significa administración, despliegue, gestión, control. Por lo tanto, la frase *Hoshin Kanri* puede interpretarse, desde un punto de vista de negocios, como “Administración por Directrices”.

El Hoshin Kanri se ha definido de muy diversas maneras, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

“El Hoshin Kanri es una actividad sistemática de control para el logro de la política de la administración (política del presidente), basada en el lema de la organización, conceptos gerenciales, planes a mediano/largo plazo, etc., en el cual todos los niveles de trabajo utilizan el ciclo PHVA para armonizar cada política. [Akao Yoji, 1991]”

“Hoshin Kanri es mejorar continuamente el desempeño, a través de la disseminación y despliegue de la dirección, objetivos y planes de administración de la compañía a la

Alta Administración y empleados, de tal manera que todos los niveles de trabajo puedan actuar en los planes, evaluar, estudiar y retroalimentar resultados, mientras se utiliza continuamente el ciclo PHVA. El propósito del Hoshin Kanri es romper el status quo y dar un gran salto, analizando los problemas actuales y desplegando en respuesta a las condiciones ambientales. [Akao Yoji, 1991]”

Independientemente de las definiciones, se puede decir que el sistema de Administración por Directrices (APD) es un subsistema inmerso dentro del sistema del CTC, que permite a una organización planear y ejecutar innovaciones estratégicas, a través del desarrollo de planes de implantación apropiados a cada nivel jerárquico llevándolos a través de toda la organización.

Un modelo conceptual que ayuda a visualizar lo mencionado en la definición, se muestra en la figura 2.4 [ITESM, 1995].



Figura 2.4.- Modelo de Hoshin Kanri [ITESM, 1995].

La figura 2.4 representa un modelo genérico que muestra el funcionamiento de la APD. Como se puede observar existen tres grandes bloques, Administración Interfuncional, Administración Funcional y Evaluación Presidencial.

El sistema inicia con el establecimiento de directrices primordiales para la organización (metas y medios) como parte de la Administración Interfuncional y responsabilidad de la Alta Dirección, las cuales son ejecutadas a través de la Administración Funcional en los niveles operativos. Posterior a esto, sigue una evaluación por parte de la Alta Dirección para conocer tanto el progreso de la implementación como el éxito del sistema de planeación, es decir, se verifica el cumplimiento de las metas. Con esta revisión se establecen las acciones correctivas necesarias y se retroalimenta al nuevo proceso de establecimiento de directrices, cerrándose el ciclo operativo de la Administración por directrices.

2.3.1.1.-Elementos de la Administración por Directrices.

El Hoshin Kanri opera en dos niveles; estratégico y operativo. El primero de ellos es el que el Dr. Juran llamó “breakthrough management” [ITESM, 1995], o nivel de

Planeación Estratégica; el segundo, la parte operativa, es la administración del trabajo diario.

Estos dos niveles de desempeño son logrados a través de la Administración Interfuncional y Funcional, respectivamente, que son los dos elementos del Hoshin Kanri. Esta división puede verse más claramente en la figura 2.5 [Falconi, 1992].

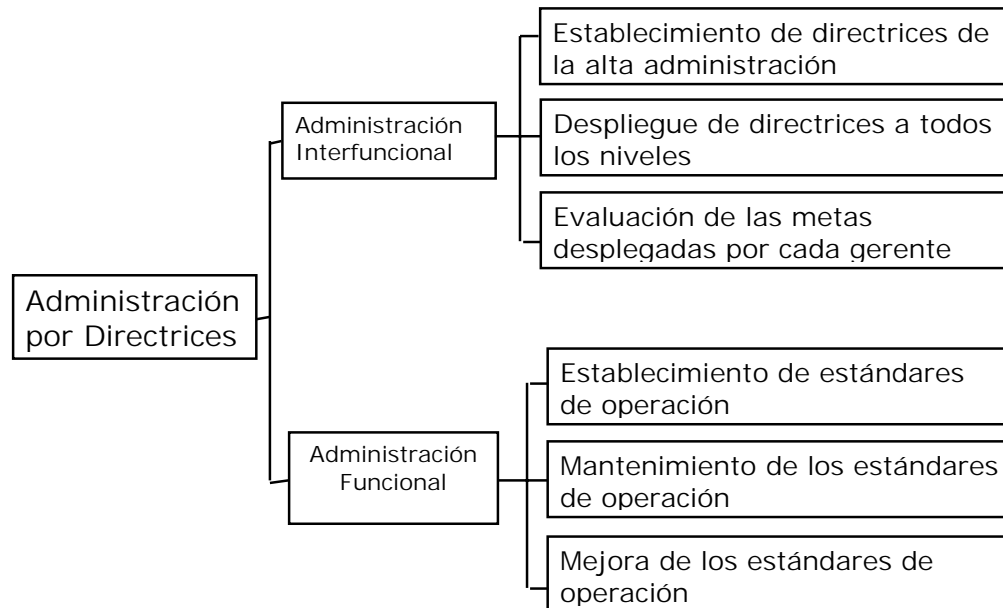


Figura 2.5.- Elementos de la Administración por Directrices [ITESM, 1995].

La Administración Interfuncional se encarga del establecimiento y cumplimiento de las metas prioritarias de la Alta Dirección a través del despliegue de las directrices y su control interfuncional. Su función es hacer realidad la misión de la empresa.

La Administración Funcional, también conocida como Administración de la Rutina Diaria del Trabajo (ADRT). Se encarga del mantenimiento y la mejora continua de las operaciones diarias de una empresa, y no es más que la práctica del control de calidad en cualquier actividad. Su función es el establecimiento, mantenimiento y mejora de los estándares para el logro de las metas de la organización.

De esta manera, la Administración Interfuncional y la Funcional están conectadas a través de un proceso de despliegue de directrices, el cual implica que todo el “pensamiento estratégico” (interfuncional) desarrollado, sea “desplegado” en toda la organización hacia la parte operativa (funcional), logrando así una interrelación entre las dos partes de la Administración por Directrices.

Por lo tanto, se puede decir que la Administración Interfuncional es la parte visionaria o estratégica de la Administración por Directrices, y la Administración Funcional o ARDT, la parte operativa.

La diferencia entre la Administración Funcional y la Interfuncional se puede ver claramente en una analogía con un barco [Mizuno, 1991]. Las personas que trabajan en

la base de la nave (cuarto de máquinas), tienen como función mantener el barco operando, haciendo ajustes para que la nave funcione mejor. Pero estas personas no saben en qué dirección deben navegar.

Por otra parte, en el puente de mando o cabina del capitán, las personas que trabajan ahí son responsables de establecer la dirección que el barco debe seguir. Así, la Administración Funcional, es el sistema gerencial de las personas del “cuarto de máquinas”, y el sistema de Administración Interfuncional corresponde al capitán de la nave, ya que es él quien “observa hacia el frente” y dirige las mejoras.

2.3.1.2.- El Hoshin Kanri y el Control Total de Calidad.

Los elementos de un modelo de CTC pueden variar de compañía a compañía; sin embargo, hay elementos que son imprescindibles, independientemente de la empresa. Uno de estos elementos es la Administración por Directrices.

Especialmente en el modelo japonés, los dos sistemas que forman la Administración por Directrices son vitales, ya que la Administración Interfuncional puede ser vista como la aplicación del PHVA para la planeación, ejecución y logro de las estrategias vitales de la organización, y la Administración Funcional como la aplicación del ciclo PHVA para el mejoramiento continuo de todas las áreas de la empresa. Desde esta perspectiva, el Hoshin Kanri o Administración por Directrices es el sistema administrativo de una empresa, para lograr la supervivencia a través de la satisfacción de las necesidades del cliente.

Dicho de otra manera, la APD es usada para establecer la dirección que la empresa debe seguir, enfocándose al mismo tiempo en las innovaciones estratégicas, así como para desarrollar planes apropiados de implantación para todos los niveles y áreas de la organización; por esta razón, la APD juega un papel preponderante en el modelo de CTC. En la figura 2.6 [ITESM, 1995] se muestra el modelo conceptual del CTC, el cual dentro de sus elementos incluye la Administración Interfuncional y la Funcional.

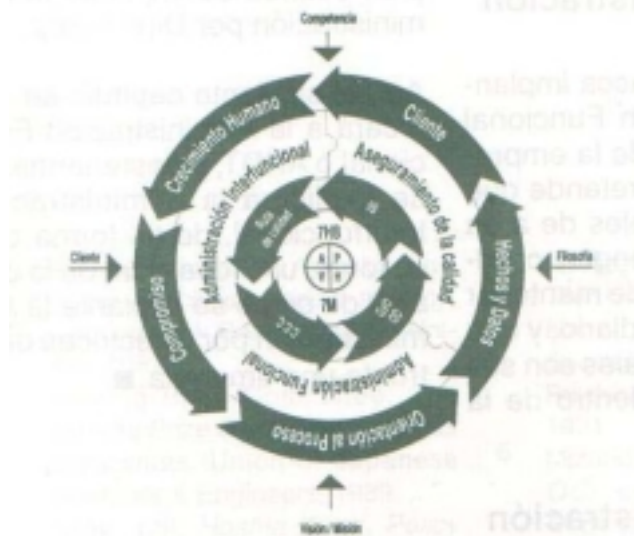


Figura 2.6.- Modelo conceptual del CTC [ITESM, 1995].

2.3.1.3.- Administración Funcional

La Administración Funcional o Administración de La Rutina Diaria del Trabajo (ARDT) es el conjunto de actividades realizadas diariamente por cada área (función) dentro de una organización para alcanzar efectivamente su propósito. Básicamente, implica actividades para mantener el estado actual, pero también incluye actividades para mejorar dicho estado. Este sistema administrativo sirve como base para el cumplimiento de las estrategias de la Alta Dirección, y por ello tiene alta prioridad en la implantación del CTC.

De acuerdo a lo anterior, dentro de la ARDT, existe el concepto de mantener y mejorar; por esta razón, descansa en la práctica del ciclo de control.

2.3.1.4.- Elementos básicos de la RDT

El proceso de RDT empieza con la interpretación de los requerimientos del cliente, los cuales son un reflejo de las necesidades que se pretenden satisfacer y que servirán de base para diseñar tanto el producto como el proceso.

A partir de este proceso de transducción de las necesidades del cliente, se definen las características del producto y las del proceso, en términos de los estándares técnicos y operativos correspondientes. Es decir, se establecen los estándares y los niveles de calidad que se deben cumplir para lograr los resultados esperados y como consecuencia, la satisfacción del cliente.

Por otro lado, para controlar estos resultados, es decir para mantenerlos y mejorarlos, se necesita de la práctica del control de procesos en el área de trabajo o en los procesos. La figura 2.7 [ITESM, 1995] muestra de forma gráfica el concepto de control de procesos considerado por el Dr. Ichiro Miyauchi como la base del control de calidad.

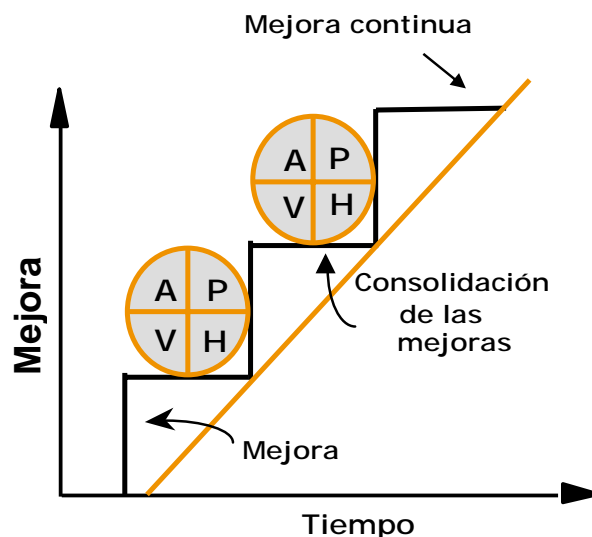


Figura 2.7.- Concepto de control de procesos [ITESM, 1995]

Este concepto de control de calidad toma como principio la idea de que el hombre es bueno por naturaleza, que quiere hacer bien su trabajo, siempre y cuando se le den los

recursos necesarios y que sentirá satisfecho por un trabajo bien realizado. En otras palabras, cuando ocurre un problema, no existe un culpable, existen causas que deben ser localizadas y eliminadas por las personas responsables del proceso.

2.3.1.5.- Análisis del Proceso.

En esta etapa se analiza, basado en hechos y datos, cualquier proceso o área para identificar cuáles son los factores que ocasionan desviaciones en los resultados (causa raíz del problema) o aquellos a través de los cuales se puede mejorar dicho resultado (factores de mejora), es decir, factores que permitan entregar un producto o servicio más barato, más fácil, más rápido, de mayor calidad, etc.

Para poner en práctica el análisis de procesos se requiere un cambio en la forma de pensar, es decir tomar una posición más humilde ante los resultados, buenos o malos, y antes de tomar una decisión basada únicamente en la experiencia, analizar los resultados en base a hechos y datos, utilizando la inteligencia del personal de la empresa, para después efectuar acciones que verdaderamente eliminen el problema o que mejoren el resultado.

2.3.1.6.- Estandarización.

La estandarización es el proceso mediante el cual se establecen, de manera sistemática, normas, reglamentos o especificaciones empresariales, junto con información o instrucciones acerca de cómo utilizar adecuadamente tales normas.

Cuando se tiene un problema y se ha detectado la causa raíz, se establece la contramedida correspondiente para corregirlo, y si ésta elimina el efecto de dicha causa, se incorpora al proceso a través de modificar los estándares; ya sean los técnicos y/o los operativos.

Así mismo, si se desea una mejora, es necesario modificar alguna parte del proceso y/o establecer nuevos estándares, tanto técnicos como operativos. Al mismo tiempo, es necesario considerar cuáles son los factores externos al proceso que puedan ayudar a mejorarlo.

2.3.1.7.- Aseguramiento de Resultados.

Una vez que se han establecido nuevos estándares o se han modificado los existentes, el siguiente paso es determinar si los resultados son los correctos o no. Para esto, se utilizan los ítems de control, los cuales sirven como instrumento para monitorear el desempeño de los procesos. De modo que dichos ítems, se establecen sobre los resultados de cada área o proceso para medir la calidad total, y garantizar así la satisfacción del cliente.

Al monitorear un resultado, éste puede ser bueno o malo. Cuando el resultado es el deseado, lo que resta es asegurarse de que la gente siga haciendo el trabajo de la misma forma, y con esto garantizar el mismo nivel de calidad.

Esta verificación del cumplimiento de tareas es realizada por el supervisor, el cual tiene un papel muy importante, ya que tiene la responsabilidad de asegurar que los operarios realmente hagan su tarea de acuerdo a los procedimientos.

Cuando el resultado es incorrecto, lo que se recomienda es preguntarse qué sucedió dentro del proceso que ocasionó esta situación, o por qué la gente no siguió los estándares, y no culparlos inmediatamente por los malos resultados.

De acuerdo a Masao (1987) y a un estudio realizado en una planta manufacturera, cuando la gente no sigue los estándares se debe básicamente a tres causas; negligencia en un 10%, educación deficiente en un 10% y, dificultades para seguir con el procedimiento en un 80% de los casos.

En otras palabras, la mayoría de los casos en los cuales la gente no sigue los estándares, y como consecuencia se tienen resultados incorrectos; se debe a que éstos no están basados en la realidad, es decir, hacer el trabajo siguiendo dichos procedimientos resulta muy difícil.

Una de las técnicas más usadas para motivar el uso del ciclo de mejora en los empleados de la organización y hacerlos participes en la mejora de los estándares de operación; es la creación de grupos voluntarios de mejora de la calidad mejor conocidos como círculos de control de la calidad (CCC). Está técnica además de tomar en cuenta la participación del trabajador dentro del proceso de mejora de la compañía; permite que el empleado adquiera habilidades de comunicación, solución de problemas y generación de ideas, que facilitan el despliegue de directrices y optimizan la administración funcional.

El concepto de equipos de trabajo se explica con mayor amplitud en el siguiente punto de este capítulo.

2.3.2- Equipos de Trabajo en Sistemas de Calidad.

Los equipos de trabajo más conocidos en sistemas de calidad son los círculos de calidad, sin embargo no es la única clase de equipos de trabajo que se han desarrollado en sistemas de calidad total. No obstante; debido a la naturaleza del presente proyecto de investigación es que se profundiza en sus conceptos con el fin de comprender la naturaleza de los mismos y entender la estructura de su funcionamiento.

2.3.2.1.- Círculos de calidad.

Los círculos de calidad son un pequeño grupo que realiza voluntariamente actividades de control de calidad dentro de su misma área de trabajo. Este pequeño grupo trabaja continuamente como parte de las amplias actividades de control de calidad de la compañía, auto desarrollándose, controlando y mejorando su área de trabajo, utilizando herramientas de control en donde todos los miembros del círculo participan [Flores, 1997].

Los círculos de calidad es una fuerte herramienta para involucrar a los empleados en el esfuerzo de mejora de la productividad de las organizaciones, ya que a través de sus actividades ayudan a derribar las barreras que obstruyen la creatividad [IEIQC, 2001].

Los círculos de calidad generan en las personas un sentimiento de satisfacción y pueden proporcionarles el reconocimiento de sus logros. Estos se deben a tres razones[Flores, 1997]:

- 4 Una mayor conciencia del trabajo en equipo.
- 4 En aumento en la participación de los individuos.
- 4 Mejoras en el modo de realizar tareas y, por lo tanto, el aumento de la calidad.

El fomento del espíritu de equipo mediante los Círculos de Calidad pueden tener un efecto extraordinario en el ambiente de toda la organización.

La comunicación también mejora enormemente con los Círculos de Calidad. Naturalmente la comunicación entre ambos miembros del grupo mejora, pero también se beneficia la comunicación horizontal entre círculos dedicados a campos de trabajo diferentes y la comunicación vertical entre la fábrica y la dirección.

Al nivel de trabajadores, los Círculos de Calidad pueden juntar a personas que, aunque hayan estado trabajando en la misma rama, apenas se hayan llegado a conocer; con la ayuda del Círculo, no sólo discuten cosas juntos, sino que también obran de común acuerdo.

Y en cuanto a la comunicación vertical, los Círculos de Calidad hacen una gran aportación a favor de la compensación por parte de la dirección del propio personal.

Los directores quedan muchas veces sorprendidos ante el entusiasmo y conocimientos de sus empleados, y los empleados disfrutan de la oportunidad de emplear sus capacidades y ver que se hace buen uso de ellas.

2.3.2.2.- Aspectos significativos en la implantación de Círculos de Calidad.

La implantación efectiva de un programa círculos de calidad depende de varios factores, dichos factores deben ponderarse de acuerdo a la naturaleza de cada empresa; sin embargo todos son de importancia.

El primero de estos factores es la filosofía. El personal necesita creer en algo; por ello es importante establecer el movimiento de círculos de calidad en el marco de la calidad total; esto significa que la organización necesita tener un conjunto de principios básicos, que fijan el “modelo” o “estilo” de la misma; por lo general, la filosofía incluye la misión, la visión, los valores, la política de calidad, e incluso el lema de cada uno de los equipos.

El compromiso gerencial es otro factor de importancia que no debe pasarse por alto. Es mejor no emprender el esfuerzo de círculos de calidad si no se cuenta con el apoyo gerencial, a emprenderlo sin este ingrediente. Si el director de la organización no está comprometido, el movimiento será efímero y doloroso; por otro lado, si el director está comprometido, será un movimiento permanente y efectivo [Flores, 1997].

La estructura de los círculos es de vital importancia para la mejora continua a través de C.C.; un elemento primordial es establecer una estructura de mejora donde todos los

miembros de la organización se sientan involucrados y comprometidos. Para ello se debe considerar definir claramente la responsabilidad y autoridad de cada uno de sus miembros mediante definiciones de puesto, procedimientos de trabajo o definición de roles [Kasuga, 1991].

Otro factor son los facilitadores. Los facilitadores promueven el trabajo efectivo de los círculos; ya que dirigen las juntas, documentan logros, proporcionan recursos y catalizan el movimiento de mejora. La transformación de los supervisores en facilitadores es de vital importancia en este punto ya que promueven el apoyo de los mandos medios para con el programa de calidad.

Los objetivos son parte fundamental de un círculo de calidad; indican qué es lo que se quiere lograr, es decir, fijan el rumbo de los trabajos que realizará el equipo; un despliegue de estrategias efectivo ayuda bastante en este punto.

La capacitación es un factor fundamental; ya que por medio de ella es que los círculos se crearan y desarrollaran a través de su vida. Una mala capacitación repercutirá negativamente en el éxito de los círculos al tratar de resolver sus proyectos. De ahí la importancia de este aspecto.

La motivación también es punto importante en el desempeño de los círculos de calidad. Esta se logra por distintos medios; uno de ellos es el reconocimiento de los logros obtenidos. La alta gerencia debe de contar con un sistema de información adecuado en donde pueda publicar los logros de los equipos e incentivarlos a seguir trabajando en proyectos de mejora.

Todos los factores recién mencionados son importantes para que los C.C. alcancen un desempeño exitoso; un factor bien diseñado e implementado difícilmente podrá cubrir la ausencia de otro, es por ello que se debe poner especial cuidado en cada uno de ellos si se desea un programa de círculos de calidad de provecho.

2.3.2.3.- Implementación de Equipos de Trabajo.

Un equipo de trabajo es definido como un pequeño número de personas con habilidades complementarias quienes están comprometidos con un propósito común, el establecimiento de estándares de desempeño y un método por medio del cual se mantengan mutuamente responsables [Field, 2001].

Los círculos de calidad son una de las primeras formas de equipos de trabajo. Aunque los círculos de calidad generalmente muestran un inicial aumento en el desempeño; después de algún tiempo en el rango de 18 meses a 3 años, éste empieza a erosionarse hasta caer a niveles iguales o más bajos que los que tenían originalmente [Field, 2001].

Ahora bien; como cualquier otro plan de cambio organizacional, los equipos de trabajo pasan por una serie de etapas en su crecimiento. Cada etapa tiene sus propias actividades claves así como también sus amenazas. El tiempo que tardan en pasar de una a otra fase varía; pero prácticamente todos los grupos de trabajo pasan por estas etapas sin excepción. Ver tabla 2.2 [Lawler, 1985].

Fases de la vida de un programa de círculos de calidad		
<i>Fase</i>	<i>Actividad</i>	<i>Fuerzas Destructivas</i>
Inicio	Publicidad Obtención de recursos Obtención de voluntarios Entrenamiento	Bajo nivel de participación. Recursos inadecuados. Incapacidad de aprender procesos grupales y habilidades de solución de problemas.
Solución del primer problema	Identificar y solucionar problemas	Desacuerdo entre los miembros. Falta de conocimientos técnicos.
Aprobación de propuesta inicial	Presentar y obtener aprobación de la primera propuesta	Resistencia por parte de los mandos medios Presentación de propuesta y propuesta pobre debido a falta de conocimientos
Implementación	Implementación de propuestas	Costos prohibitivos Resistencia de los grupos de implementación
Expansión	Formación de nuevos equipos	Conflicto entre miembros y no miembros Incremento en expectativas Falta de problemas Ahorros no logrados
Declinación	Pocos equipos se reúnen	Cinismo acerca del programa. Fastidio.

Tabla 2.2. Fases de la vida de un programa de círculos de calidad [Lawler, 1985]

Como se puede observar en la tabla 1; durante la fase inicial, algunas cuantas amenazas emergen. Las peores son un insuficiente número de voluntarios, entrenamiento inadecuado, poca habilidad de los voluntarios para aprender los procedimientos, y finalmente; una falta de recursos.

Sin embargo, tan pronto como estas dificultades sean resueltas los esfuerzos se encaminan a la mejora de procesos y productos, resultando en un rápido aumento en el desempeño [Field, 2001].

Una vez que los miembros de los círculos están debidamente capacitados y entrenados, estos se convierten en solucionadores de problemas. Es en esta fase en donde los equipos identifican problemas y empiezan a generar soluciones; pero al igual que en la fase inicial, existen ciertas amenazas que se deben sortear. Los desacuerdo en que problemas atacar, así como en el modo para resolverlos son ejemplos de estas amenazas [Field,2001].

Debido a que los círculos forman una estructura paralela, el grupo debe reportar sus soluciones a las personas encargadas de la toma de decisiones en la organización (mandos medios). Esta actividad de reporte es muy importante, ya que debe ser relevante y completo; además los mando medios deben responder rápidamente, con información suficiente, y en la mayoría de los casos; positivamente. Es durante esta fase en donde el programa de los círculos de calidad encuentra serias amenazas para su continuación.

Una vez implementadas exitosamente las primeras soluciones; el programa de círculos de calidad entra en una etapa de expansión y continuación en la solución de problemas. Durante esta fase el programa incluye nuevos grupos. En general si el programa llega

hasta aquí; el compromiso gerencial se incrementa por medio de una alta asignación de recursos, y el programa se vuelve parte de la organización.

Los problemas que enfrenta el programa en este punto son muchos y variados. Algunos de ellos son producto del éxito inicial del programa, mientras otros están relacionados con el hecho de que el programa de círculos requiere una estructura organizacional paralela.

El éxito de los primeros equipos tal vez eleven las aspiraciones de los miembros. Este incremento en expectativas puede tomar distintas formas; por ejemplo, los miembros tal vez esperen poder escalar más alto en la estructura organizacional así como contar con mayor entrenamiento; además pueden esperar recibir un mejor trato y tal vez, tener mayor participación en el manejo diario del trabajo de la organización [Lawler,1985].

En la fase de decline de los programas de círculos de calidad, los equipos se reúnen pocas veces, se vuelven poco productivos, y los recursos hacia el programa disminuye. La razón principal por la cual los equipos permanecen unidos, es debido a la satisfacción social que los miembros experimentan más que al éxito que estos hayan obtenido en la solución de problemas.

En resumen, los círculos de calidad encuentran muchas dificultades durante su existencia. Debido a esas dificultades, es que sea muy poco probable que alta dirección institucionalice y sostengan el programa por un largo tiempo.

Sin embargo, los administradores pueden usar a los círculos como un dispositivo intermedio para mover a la organización hacia un estilo administrativo más participativo. Esto ha sucedido en compañías con la suficiente visión para percatarse a tiempo de los límites del programa de círculos; estableciendo como consecuencia un curso de acción para desarrollar la cultura participativa de la organización.

2.3.2.3.- Evolución de los Círculos de Calidad.

Los círculos de calidad han contribuido en mucho al desarrollo de la fuerza de trabajo en las organizaciones que los implantan; sin embargo estos también tienen que evolucionar para que puedan seguir dando soporte a las empresas, ante las nuevas tendencias económicas.

Aunque la mejora de la calidad y las habilidades para la resolución de problemas todavía son importantes; la creatividad y la innovación se han convertido en cualidades críticas en una economía basada en el conocimiento [IEIQC, 2001]. Los negocios, incluidos los tradicionales, solo pueden prosperar si son capaces de crear valor para sus clientes. Las compañías no tienen otra alternativa que enfocarse o incrementar su capacidad de innovación y así aumentar sus ventajas competitivas.

Los C.C. tienen entonces que expandir su alcance más allá de la mejora de la calidad e involucrarse en la creación de valor e innovación. Solo de esta manera es que los C.C. seguirán siendo relevantes dentro de las organizaciones en la nueva economía.

Una de las compañías pioneras en integrar la innovación en los círculos de calidad ha sido Productivity Standar Board (PBS) [IEIQC, 2001]. A diferencia de los C.C. tradicionales que comprenden únicamente trabajadores de la misma área de trabajo; los círculos de calidad e innovación (Innovation and Quality Circles, IQC) son interfuncionales con miembros de diferentes departamentos. Estos equipos trabajan en proyectos de creación de valor, usando herramientas y técnicas innovadoras, además que completan sus proyectos en un tiempo menor que los círculos de calidad tradicionales.

Existen tres estrategias para transformar los C.C. en IQC [IEIQC, 2001]. La primera de ellas es inculcar en los miembros de los C.C. un sentido de innovación. Esto se puede lograr proveyendo información y reforzando la comunicación entre los equipos por medio del uso de tecnologías de la información. La integración de un premio en esta estrategia para reconocer aquellos equipos que desarrollan soluciones innovadoras en sus proyectos es recomendable.

La segunda estrategia es proporcionar nuevas herramientas y técnicas para la innovación y creatividad. Esto se logra por medio de cursos de capacitación y entrenamiento.

La tercera estrategia es reconfigurar la estructura de los círculos de manera que sus miembros puedan venir de otros departamentos o incluso de los proveedores. Esta estructura interfuncional permite a los miembros de los círculos interactuar unos con otros a través del intercambio de ideas con la visión de diferentes áreas de la organización.

No obstante, el cambio de un sistema a otro debe ser gradual; permitiendo en una primera fase que los equipos interactúen con otras áreas o departamentos de la organización a la par que se les entrena en creatividad y herramientas relacionadas. Esto ayudará a los círculos a identificar proyectos de creación de valor y a desarrollar soluciones innovadoras.

2.3.2.4.- Institucionalización de los equipos de trabajo.

La implementación de equipos de trabajo para canalizar la participación de los trabajadores y tratar con procesos interdependientes sugiere un compromiso con su uso por un largo periodo. Visto sobre el tiempo, el éxito de los equipos de trabajo no solo se mide por medio del impacto inmediato sobre el desempeño; sino también sobre un incremento sostenido sobre el mismo.

De acuerdo a estudios realizados por diversas disciplinas académicas; se ha encontrado que la participación es más probable que tenga un impacto significativo cuando involucra arreglos substantivos más que consultivos [Field, 2001]. Esto es; los equipos pueden generar e implantar la idea (participación substantiva) en vez de sólo proporcionar la idea (participación consultiva).

La participación substantiva requiere del establecimiento de vínculos entre la generación de ideas y su implantación; y que todos los involucrados perciban este vínculo como justo y efectivo.

Adicionalmente, para ser viable y efectivo en el largo plazo; la participación de los equipos debe ser institucionalizada y considerada como una forma de vida [Field, 2001].

Existen dos perspectivas sobre que camino deben seguir los equipos de trabajo para lograr un aumento sustentable en el desempeño [Field, 2001]. En la primera perspectiva, los equipos de trabajo generan ideas para mejorar los procesos y productos de la organización; y es la implementación de estas ideas lo que resulta en un aumento sostenible en el desempeño. En la segunda perspectiva, la participación en equipos de trabajo incrementa la satisfacción en el trabajo, la motivación y la ejecución de tareas; lo cual indirectamente lleva a un aumento sostenible en el desempeño. Se ha demostrado que la primera perspectiva y no la segunda, es la que realmente aumenta el desempeño.

La participación substantiva y la institucionalización proveen las condiciones para que los equipos de trabajo logren un aumento sostenible en el desempeño.

Otra característica inicial del ambiente de los equipos de trabajo es el número posible de ideas de mejora, la facilidad con la cual se pueden identificar, y el impacto potencial de las mismas (room for improvement) [Field, 2001]. Esta característica tiene componentes tanto externos como internos. Externamente, representa la brecha entre el desempeño actual y el desempeño potencial con esfuerzos de mejora anteriores afectando el tamaño de la brecha.

Internamente, refleja el conocimiento de oportunidades de mejora de los miembros del equipo así como la forma en que la búsqueda de ideas se realiza. Adicionalmente, la habilidad de los equipos para identificar e implementar oportunidades de mejora esta relacionada con sus habilidades tanto técnicas como de resolución de problemas. Ambientes con un considerable “cuarto de mejoras” tanto en sentido externo como interno; proveen las condiciones favorables para la mejora en la calidad y la institucionalización de los equipos.

Por otro lado, la autoridad en la toma de decisiones promueve tanto la participación substantiva como la institucionalización; al vincular la generación de ideas con la implantación con el fin de traducir las ideas en acción. Este vínculo puede tomar varias formas, incluso la autoridad de implementación directa por parte del equipo, el acceso a procedimientos estándar con para realizar cambios en ellos; o la creación de nuevos procedimientos [Field, 2001].

En resumen; para la institucionalización de los equipos de mejora se requiere que estos en una primera fase logren un aumento sostenido de su desempeño; para así justificar su uso dentro de la organización. Lo anterior se logra por medio de la participación substantiva; ya que facilita el compromiso de los miembros de los equipos con las tareas y objetivos a realizar en el proyecto de mejora.

La generación e implantación de ideas juega también un papel importante en la institucionalización; pues es por medio de ésta que se alcanza un aumento sostenible en el desempeño de los equipos; sin embargo, para que dicha generación se dé, es

necesario contar con un amplio cuarto de mejoras, el cual se obtiene por medio de la capacitación e incremento de habilidades en los miembros de los equipos.

Por último, un incremento en la autoridad y alcance en los proyectos de los equipo de trabajo resulta benéfico para la institucionalización de los programas, al incrementar la posibilidad de implantación de ideas y por lo tanto el desempeño sostenido del programa de calidad.

3.- Diseño del experimento.

3.1.- Selección del Caso.

El caso seleccionado para realizar la simulación es el de Florida Power & Light [Harvard, 1990]. Esta selección se debió a que Florida Power & Light (FLP) fue la primera compañía no japonesa en obtener el prestigioso premio Deming. Además de lo anterior el caso cuenta con bastante información escrita, lo que facilita el trabajo de simulación.

Otro punto importante a favor del caso es que la empresa integra un sistema de calidad total, definiendo conceptos tales como la administración por directrices la cual se enfoca fuertemente en la implementación y uso de equipos de trabajo tipo círculos de calidad.

El caso señala de manera clara los problemas que enfrentó la compañía tanto para implantar los equipos de trabajo, así como para sostener un crecimiento acelerado de los mismos. La relación entre los factores que permiten este proceso se puede obtener mediante discusión, sin embargo es posible reforzarla con la aplicación de un simulador que permita observar el comportamiento de los equipos en el tiempo. Precisamente la identificación de esta relación como área de oportunidad para simular fue el factor decisivo para seleccionar el caso de FP&L como el caso de experimentación para el presente trabajo de investigación.

Un factor más sobre la conveniencia del caso es que en nuestro país existe una compañía de características similares, y en la cual se implantó un sistema de calidad parecido al de FP&L. Adicionalmente esta empresa mexicana fue asesorada por JUSE al igual que la compañía del caso lo que facilita aun más la obtención de información sobre la dinámica de los procesos del programa de calidad a simular.

3.2.- Definición de los objetivos e indicadores de aprendizaje.

Los objetivos e indicadores de aprendizaje son la variable dependiente por la cual se tratará de validar a la hipótesis, es por ello que resulta útil definirlos tanto conceptual como operacionalmente. La definición conceptual se muestra en la definición de objetivos y la operacional en el establecimiento de indicadores de aprendizaje.

3.2.1.- Definición de objetivos de aprendizaje.

Una vez seleccionado el caso, se procedió a identificar los objetivos de aprendizaje que se pretenden reforzar con la aplicación del simulador. Para ello se analizó de manera detallada las fases en las cuales el caso se compone, con el fin de detectar las estructuras e interacciones que pudieran explicar de alguna manera los resultados ahí plasmados.

El análisis dio como resultado los siguientes objetivos de aprendizaje dentro del contexto de Administración por Calidad Total los cuales se clasifican de acuerdo a la taxonomía de Bloom [ITESM, 2002]:

- 4 Identificación de los factores significativos para la implantación de círculos de calidad.
- 4 Comprensión del nuevo rol de los mandos medios en el proceso de implantación.

- 4 Discusión sobre la forma de enfrentar los nuevos retos que el caso menciona.
- 4 Explicación de las estructuras que hacen posible un sostenimiento exitoso de los C.C.
- 4 Integración de los mandos medios en el sistema de calidad.
- 4 Evaluación del desarrollo de los equipos de mejora tipo círculo de calidad (QIT).
- 4 Entendimiento general del proceso de la administración por directrices.

Dentro de los factores significativos que se pretenden resaltar se encuentran; el apoyo de la alta gerencia, el compromiso y la importancia de los supervisores con el programa, la capacitación de los equipos y supervisores, el reconocimiento y; el espacio para crecer que tienen los miembros de los equipos. Estos factores fueron seleccionados de acuerdo a la naturaleza del caso, y fueron validados como de importancia con expertos en la implantación y manejo de equipos de trabajo tipo círculos de calidad.

El lo referente al nuevo papel de lo supervisores dentro del programa de calidad, se pretende mostrar al alumno la importancia de este aspecto y la forma en que repercute en el desarrollo y éxito de los círculos de calidad, ya que algunas veces los supervisores pueden llegar a ser el cuello de botella dentro del programa de implantación.

Una vez comprendidos los factores significativos así como la importancia de los supervisores dentro del programa de calidad, es de vital importancia que los alumnos sepan la manera en que estos factores se relacionan para dar forma a la estructura que hace posible la implantación, desarrollo y sostenimiento de los equipos de mejora. Esto se logra mediante el desarrollo de diagramas causales por parte del alumno.

El alumno debe ser capaz de ilustrar la forma de hacer frente a los retos que el caso menciona; para ello se debe de apoyar en los diagramas causales construidos y en la comprensión de los factores significativos para la implantación y sostenimiento de los círculos de calidad.

Con la integración de los mandos medios en el proceso de implantación del sistema se pretende que el alumno obtenga conclusiones sobre el papel de los mandos medios en el programa de calidad.

Por último, se desea que el alumno comprenda en forma general los conceptos de la Administración por Directrices y ubique a los equipos de mejora dentro del ciclo del hoshin kanri y entienda la verdadera función de los C.C.

Estos objetivos se pretender lograr por medio de la aplicación del caso, con o sin simulador. Sin embargo se espera observar diferencias significativas en los alumnos que reciban tratamiento. El plan de pizarrón para el caso de FP&L se muestra en el Anexo 1.

3.2.2.- Definición de Indicadores de Aprendizaje.

Los indicadores de aprendizaje son el resultado de un examen aplicado tanto al grupo de control como al grupo de experimentación. Este examen pretende evaluar los objetivos de

aprendizaje por medio de diferentes preguntas de acuerdo a la taxonomía de Bloom [ITESM, 2002].

Se asignará una escala de Likert para cada pregunta con el fin de medir el grado de apego de la respuesta de cada alumno con la respuesta correcta, esto dará un promedio de calificación tanto del examen completo como de cada pregunta y servirá para comparar el aprendizaje entre el grupo de control y el de experimentación.

La escala de Likert tendrá 5 divisiones las cuales se marcarán del 1 al 5 en el siguiente orden; totalmente incorrecto, incorrecto, aceptable, correcto, completamente correcto.

El proceso de evaluación, después de aplicado el examen será el siguiente;

1. El investigador revisará cada una de las respuestas que los estudiantes examinados den al cuestionario y obtendrá las respuestas correctas mediante su conocimiento del caso, el aprendizaje adquirido durante el desarrollo del simulador y las nuevas ideas que los alumnos expresen en la solución de su examen.
2. Una vez obtenidas estas repuestas correctas; se solicitará la intervención de expertos en la materia para que validen dichas respuestas. Para ellos se les mostrara un resumen del caso a simular, el caso completo y el cuestionario con las respuestas y espacio para sus observaciones.
3. El investigador modificará y complementará las respuestas según lo sugerido por los expertos. Y tomará estas respuestas como guía para la evaluación de cada uno de los exámenes presentados por los individuos de experimentación.
4. Se obtendrán promedios y se realizaran las correspondientes comparaciones estadísticas entre grupos para poder sacar conclusiones.

Los análisis podrán hacerse desglosando el examen en sus elementos de aprendizaje correspondientes; conocimiento, análisis, evaluación, síntesis, aplicación y comprensión; comparar entre grupos cada uno de estos elementos así como comparar globalmente el resultado del examen. Por último se concluirá con respecto a la hipótesis presentada.

3.3.- Diseño del Instrumento de Evaluación.

3.3.1.- Instrumento de evaluación para alumnos.

Una vez determinados los objetivos de aprendizaje se procede al diseño del instrumento de evaluación; el cual servirá para medir el grado de aprendizaje adquirido por cada alumno en el proceso de aplicación del caso tanto con simulador como sin el.

El instrumento de evaluación consiste en un examen escrito con preguntas que comprendan los objetivos de aprendizaje según la taxonomía de Bloom [ITESM, 2002]. Esta taxonomía contempla seis categorías para clasificar el comportamiento cognitivo: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Estas categorías están en jerarquía de la demanda intelectual del estudiante y se explican a continuación.

Conocimiento.

Se refiere a la capacidad de recordar hechos específicos y universales, métodos y procesos, esquemas, estructuras o marcos de referencia sin elaboración de ninguna especie, puesto que cualquier cambio ya implica un proceso de nivel superior.

Requiere que el alumno repita algún dato, teoría o principio en su forma original.

- 4 Terminología (palabras, términos técnicos, etc)
- 4 Hechos específicos (fechas, partes de algo, acontecimientos, etc)
- 4 Convencionalismos (formas, de tratar ideas dentro de un campo de estudio, acuerdos generales, fórmulas)
- 4 Corrientes y sucesiones (tendencias y secuencias)
- 4 Clasificaciones y categorías (clases, grupos, divisiones, etc) criterios (para juzgar o comprobar hechos, principios, opiniones y tipos de conducta)
- 4 Metodología (métodos de investigación, técnicas y procedimientos)
- 4 Principios y generalizaciones (abstracciones particulares para explicar, describir, predecir o determinar acciones)
- 4 Teorías y estructuras (evocación de teorías, interrelaciones de los principios y generalizaciones)

Comprensión.

Se refiere a la capacidad de comprender o aprehender; en donde el estudiante sabe qué se le está comunicando y hace uso de los materiales o ideas que se le presentan, sin tener que relacionarlos con otros materiales o percibir la totalidad de sus implicaciones. El material requiere de un proceso de transferencia y generalización, lo que demanda una mayor capacidad de pensamiento abstracto.

Requiere que el alumno explique las relaciones entre los datos o los principios que rigen las clasificaciones, dimensiones o arreglos en una determinada materia, conocimiento de los criterios fundamentales que rigen la evaluación de hechos o principios, y conocimientos de la metodología, principios y generalizaciones.

- 4 Traducción (parafrasear; habilidad para comprender afirmaciones no literales como simbolismos, metáforas, etc.; traducir material matemático, simbólico, etc.)
- 4 Interpretación (explicación o resumen; implica reordenamiento o nuevos arreglos de puntos de vista)
- 4 Extrapolación (implicaciones, consecuencias, corolarios, efectos, predicción, etc.)

Aplicación.

Se guía por los mismos principios de la comprensión y la única diferencia perceptible es la cantidad de elementos novedosos en la tarea por realizar.

Requiere el uso de abstracciones en situaciones particulares y concretas. Pueden presentarse en forma de ideas generales, reglas de procedimiento o métodos generalizados y pueden ser también principios, ideas y teorías que deben recordarse de memoria y aplicarse.

- 4 Solución de problemas en situaciones particulares y concretas (utilización de abstracciones en tipos de conducta y tipos de problemas)

Análisis.

Consiste en descomponer un problema dado en sus partes y descubrir las relaciones existentes entre ellas. En general, la eventual solución se desprende de las relaciones que se descubren entre los elementos constituyentes.

Implica el fraccionamiento de una comunicación en sus elementos constitutivos de tal modo, que aparezca claramente la jerarquía relativa de las ideas y se exprese explícitamente la relación existente entre éstas.

- 4 Análisis de elementos (reconocer supuestos no expresados, distinguir entre hechos e hipótesis)
- 4 Identificación de las relaciones entre los elementos (conexiones e interacciones entre elementos, comprobación de la consistencia de las hipótesis con informaciones y suposiciones dadas)
- 4 Reconocimiento de los principios de organización de la situación problemática (estructura explícita e implícita; reconocimiento de formas y modelos, técnicas generales utilizadas, etc.)
- 4 Identificación de conclusiones y fundamentación de enunciados.

Síntesis.

Es el proceso de trabajar con fragmentos, partes, elementos, organizarlos, ordenarlos y combinarlos para formar un todo, un esquema o estructura que antes no estaba presente de manera clara.

Requiere la reunión de los elementos y las partes para formar un todo.

- 4 Elaboración de un plan o conjunto de actos planeados (habilidad para proponer formas de comprobar las hipótesis)
- 4 Desarrollo de conjuntos de relaciones para clasificar o explicar datos.
- 4 Deducción de proposiciones y relaciones (de un grupo de proposiciones básicas o de representaciones simbólicas)
- 4 Construcción de un modelo o estructura.
- 4 Reordenamiento de las partes en una secuencia lógica.

Evaluación.

Se refiere a la capacidad para evaluar; se mide a través de los procesos de análisis y síntesis.

Requiere formular juicios sobre el valor de materiales y métodos, de acuerdo con determinados propósitos. Incluye los juicios cuantitativos y cualitativos de acuerdo a los criterios que se sugieran (los cuales son asignados).

- 4 Juicios en función de evidencia interna (de exactitud lógica, consistencia o criterio interno)
- 4 Juicios en función de criterios externos (criterios seleccionados; comparación de teorías, comparación de un trabajo con respecto a normas, etc.)

La tabla 3.1 resume las seis categorías de la taxonomía de Bloom resaltando las habilidades que se pretenden evaluar en cada una de sus clasificaciones y, además nos proporciona una lista de palabras guía para la formulación de las instrucciones de evaluación.

Dominio	Habilidad	Instrucción en Evaluación
Conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> 4 Observar 4 Recordar información 4 Conocer fechas, eventos, lugares 4 Conocer ideas principales 4 Conocer términos, definiciones, conceptos y principios. 	<ul style="list-style-type: none"> Liste, nombre Defina Mencione Describa Identifique Muestre Recopile ¿Qué, quién, cuándo, dónde?
Comprensión	<ul style="list-style-type: none"> 4 Entender información 4 Entender significados del material 4 Traducir conocimientos a un nuevo contexto 4 Interpretar hechos, comparar, contrastar 4 Ordenar, agrupar, inferir causas 4 Predecir consecuencias 	<ul style="list-style-type: none"> Resuma Describa Explique De ejemplos Traduzca Interprete Asocie Distinga Estime Diferencie Discuta
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> 4 Usar información 4 Usar métodos, conceptos, teorías en nuevas situaciones 4 Resolver problemas utilizando habilidades o conceptos 	<ul style="list-style-type: none"> Aplique Demuestre Calcule Complete Construya Ilustre, muestre Examine Modifique Relacione Clasifique Experimente Discuta

Análisis	<ul style="list-style-type: none"> 4 Ver patrones 4 Organizar partes 4 Reconocer significados ocultos 4 Identificar componentes 4 Descomponer material a sus partes y explicar las relaciones jerárquicas 	<ul style="list-style-type: none"> Analice Separe Ordene Conecte Clasifique (analizando) Explique (analizando) Distinga entre dos o mas cosas Arregle Compare Infiera ¿Cómo se aplica...? ¿Por qué trabaja... de tal manera? ¿Cómo se relaciona... a...?
Síntesis	<ul style="list-style-type: none"> 4 Usar viejas ideas para crear nuevas 4 Generalizar a partir de hechos 4 Relacionar conocimientos con varias áreas 4 Predecir 4 Sacar conclusiones 4 Producir algo original después de fraccionar el material en sus partes componentes 	<ul style="list-style-type: none"> Combine Integre Modifique Sustituya Planee Diseñe Invente Formule Componga Prepare Genere Re escriba, reordene ¿Cómo apoya ... información..? ¿Cómo diseñaría un experimento que investigue...? ¿Qué predicciones puede hacer basado en ... información?
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> 4 Comparar y discriminar entre ideas 4 Valorar teorías y presentaciones 4 Escoger con base en argumentos 4 Verificar el valor de una evidencia 4 Reconocer subjetivamente 4 Juzgar basado en criterios pre-establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> Valore Decida, seleccione Evalué Verifique Recomiende Juzgue Discrimine Apoye Concluya Resuma con argumentos ¿Qué juicios puede hacer acerca de...? Compare y contraste ... criterios para...

Tabla 3.1 Taxonomía de Bloom [ITESM, 2002].

Entonces, con apoyo de la taxonomía anteriormente explicada y con apego a los objetivos de aprendizaje propuestos, se formularon una serie de preguntas tentativas a considerar en el instrumento de evaluación con el fin de medir el grado de aprendizaje en los alumnos a los cuales se les aplique el caso de Florida Power & Light. Estas preguntas se clasifican de acuerdo al área cognitiva a valorar y se listan a continuación;

Evaluación

2. Menciona algunos criterios para evaluar desempeño de equipos de mejora (QIT - Quality Improvement Teams)
3. Evalúa el ritmo de crecimiento de QITs de 1981-1986 (alto-medio-bajo). ¿Hay algún problema?
4. Si los Mandos Medios (MM) no se involucran desde el inicio con la formación de QITs ¿Crees que se deteriore su autoridad ante los empleados? ¿Porqué?

Síntesis

1. Si los QITs tuvieran una mayor capacitación ¿Se les debería pagar más a los participantes?
2. ¿Cuál es tu predicción para el 2002 sobre el crecimiento del número de QITs de acuerdo a la información presentada hasta 1986 en el caso?
3. ¿Hay algún cambio en las relaciones entre Mandos Medios-QITs y Mandos Medios-Alta dirección cuando se implementa un programa de mejora?
4. ¿Qué conclusión derivas con respecto a la función de los mandos medios en este caso? Algunas veces se les identifica como “cuellos de botella” en el proceso de mejora.
5. ¿Qué evidencias soportan tu conclusión?
6. ¿Qué argumentos podrías encontrar en contraposición a tu punto de vista?
7. Si tus conclusiones fueran correctas ¿Cuáles reacciones esperarías de los Mandos Medios al conocerlas?
8. ¿Cuáles serían las implicaciones para FP&L al empezar a transferir el programa de mejora a otras empresas?

Análisis

1. ¿Cuáles son los principales componentes para que un QIT funcione exitosamente?
2. ¿Cuál es la estructura en diagramas causales que genera el cambio en el número de QITs?

3. Identifica y representa en diagrama causales la estructura que hizo posible la transformación de FP&L en una empresa exitosa.
4. ¿Cuál es tu análisis de la problemática?

Aplicación

1. ¿Existe algún problema en FP&L, 1987? En caso afirmativo ¿Cuál es?
2. ¿Qué harías si fueras John Hudiburg con respecto a los nuevos retos que mencionan?
3. ¿Cuáles serían tus primeros tres pasos con los Mandos Medios si iniciaras un programa de mejora en una empresa?

Comprensión

1. ¿Es factible inferir que el número de QITs continuará creciendo al ritmo mostrado en 1986? ¿Con cuál arquetipo relacionas este proceso de cambio?
2. ¿Introducir un programa de mejora en una empresa implica un éxito garantizado? ¿Porqué?
3. Si pertenecieras al nivel de Mandos Medios en la compañía ¿Cómo interpretarías la política un no involucramiento y después un tiempo un si involucramiento con respecto a las responsabilidades para con la empresa?

Conocimiento

1. Prepara un plan de acción para sostener o incrementar el número de QITs durante al menos un período de 6 años a partir de 1986.
2. Prepara un plan para comunicar a los accionistas de la empresa que transferir conocimiento del programa de calidad es un buen negocio.
3. ¿A que se refiere administración por hechos?
4. ¿Cuáles son los tipos de equipos y sus funciones en FP&L?
5. ¿Cuáles son las fases que siguió FP&L en la implementación de su programa de mejora?
6. ¿Cuáles conceptos del curso consideras útiles para tratar el caso?

Una vez elaborada esta lista de preguntas tentativas, se procedió a revalorarlas tratando encontrar similitudes entre las mismas y reformulándolas para que tuvieran un mayor apego a los objetivos de aprendizaje que se pretenden medir. Se trato de reducir el número de reactivos con el fin de que el proceso de solución del cuestionario no llevara más tiempo del debido.

El resultado de esta revaloración dio la siguiente lista final de preguntas;

De Evaluación

1. Menciona algunos criterios para evaluar desempeño de equipos de mejora (QIT - Quality Improvement Teams).
2. ¿Crees que los Mandos Medios (MM) se deben involucrar desde el inicio con la formación de QITs? ¿Por qué?

De Síntesis

3. ¿Qué conclusión derivas con respecto a la función de los mandos medios en este caso? Algunas veces se les identifica como “cuellos de botella” en el proceso de mejora.
4. ¿Cuáles serían tus primeros tres pasos con los Mandos Medios si iniciaras un programa de mejora en una empresa?

De Análisis

5. ¿Cuál es la estructura en diagramas causales que genera el cambio en el número de QITs?
6. ¿Cuáles son los principales componentes para que un QIT funcione exitosamente?
7. Identifica y representa en diagrama causales la estructura que hizo posible la transformación de FP&L en una empresa exitosa.
8. ¿Cuáles crees tu que serían las mejoras o modificaciones necesarias a las fases del caso para transferir el programa de calidad a otras empresas?

De Aplicación

9. ¿Qué harías si fueras John Hudiburg con respecto a los nuevos retos que mencionan?

De *Comprensión*

10. ¿Es factible inferir que el número de QITs continuará creciendo al ritmo mostrado en 1986?
11. ¿Hay algún cambio en las relaciones entre Mandos Medios-Operadores cuando se implementa el programa de mejora?

De *Conocimiento*

12. ¿De qué manera McDonal y Hudiburg motivaron la participación de los mandos medios en el programa de calidad?

Esta lista final de preguntas es la que se usó en el instrumento de evaluación inicial (ver Anexo 2). Dicho instrumento se aplicó a dos grupos de alumnos de profesional del Tec de Monterrey, campus Monterrey.

Sin embargo a solicitud de los sinodales, se revisó nuevamente el instrumento de evaluación, con el fin de verificar que las preguntas realmente midieran la categoría de a la cual pertenecían. Para ello se consultó el libro “La taxonomía de los Objetivos de la Educación” de Bloom (1975) (ver Anexo 3). La crítica resultante de esta revisión se comenta a continuación.

Para la pregunta número uno del instrumento (ver Anexo 2) se concluyó que la categoría a la cual pertenece es a la de conocimiento (anteriormente considerada en evaluación) pues se pide *recordar* en vez de evaluar criterios.

En la segunda pregunta por pedirse la emisión de un juicio, se catalogó en la categoría de evaluación. Anteriormente se tenía en comprensión; sin embargo la respuesta no requiere que el participante realice extrapolación alguna de conocimientos.

La pregunta tres es de análisis, ya que se requiere la particularización de ciertos elementos para responderla. Esta pregunta fue catalogada correctamente desde un principio.

En la cuarta pregunta se pide mencionar ciertos principios vistos con anterioridad por el participante, por lo que se cambia de categoría a la pregunta; de análisis a conocimiento.

La quinta pregunta pide una interpretación y/o descripción, lo que nos lleva considerarla dentro del nivel de comprensión. Esta pregunta fue catalogada correctamente.

Para la pregunta seis, se espera como respuesta una lista de 2 o 3 beneficios que no aparecen en el caso. El participante deberá traer nueva información para complementar la del caso y poder responder. Por lo tanto se concluye que la pregunta pertenece a la clase de síntesis más que a la de evaluación.

La séptima pregunta se considera de comprensión debido a que se espera que el alumno comunique una extrapolación de eventos dados en el caso. La pregunta inicialmente fue catalogada de síntesis, sin embargo se ajusta más al concepto de comprensión.

En la pregunta ocho, se pide la integración de ideas dadas en el caso con ideas propias del participante; por lo que se concluye que pertenece a la categoría de síntesis. Esta pregunta fue catalogada correctamente.

La pregunta nueve es de análisis, pues pide la identificación de elementos así como explicar las relaciones entre los mismos. Esta pregunta fue catalogada correctamente.

La pregunta diez es de síntesis, ya que enfatiza la integración de ideas propias del participante con ideas dadas en el caso. Anteriormente esta pregunta se consideró de aplicación.

En la pregunta once, se pide la recombinación de partes junto con la integración de nuevas ideas para formar una nueva estructura que no se veía con claridad; por lo tanto se considera que esta pregunta es de síntesis más que de análisis.

La doceava pregunta solo pide recordar una política que el caso menciona explícitamente, por lo que se le considera de conocimiento. En esta pregunta no se modificó la catalogación.

En resumen, solo cinco preguntas de las doce propuestas fueron clasificadas correctamente. Se creía contar con las seis clases que Bloom (1975) menciona en su taxonomía, sin embargo, después de la revisión se encontró que la categoría de aplicación no figura dentro del instrumento de evaluación. No obstante, las respuestas esperadas para cada pregunta no cambiaron, lo que permite el uso de las calificaciones obtenidas para sacar conclusiones con respecto al aprendizaje logrado en cada grupo, tomando en cuenta los cambios correspondientes.

3.3.2. -Instrumento de evaluación para gerentes.

Para medir la efectividad del simulador como complemento del método de casos en el área gerencial, se diseñó un instrumento que permitiera al participante calificar el grado de aprendizaje obtenido. Siguiendo el consejo de los sinodales, se seleccionó tan solo un par de las seis categorías de Bloom (1975) para probar la hipótesis de la presente investigación. Estas categorías son; análisis y síntesis.

Se eligieron estas categorías debido a que el pensamiento de sistemas esta fuertemente relacionada con las mismas (Ackoff, 1995, pág 30), y el simulador se basa en la dinámica de sistemas para su funcionamiento.

Las preguntas se diseñaron de acuerdo a los conceptos manejados por Bloom (1975) para definir cabalmente los conceptos de análisis y síntesis. Se aplicaron un total de 9 preguntas (5 para análisis y 4 para síntesis) en las cuales se uso una escala para medir actitudes, donde

una actitud es una predisposición aprendida para responder de manera consistente ante ciertos objetos o símbolos (Hernández, 2002).

Hernández (2002) menciona que las actitudes tienen diversas propiedades, entre las que destacan: dirección (positiva o negativa) e intensidad (alta o baja); estas propiedades forman parte de la medición.

El método que se utilizó para medir fue el escalamiento de Likert, el cual se define como un conjunto de elementos presentados en forma de afirmaciones o juicios, ante los cuales se pide la reacción de los sujetos (Hernández, 2002).

La escala que se utilizó en el instrumento fue la siguiente:

- 1 Mucho
- 2 Bastante
- 3 Algo
- 4 Poco
- 5 Nada

El valor de cada afirmación corresponde al número de opción que se está eligiendo:

Afirmación	Valor
Mucho	1
Bastante	2
Algo	3
Poco	4
Nada	5

Tabla 3.2 Valores de la escala de Likert

La dirección de las afirmaciones se diseñó en forma negativa, por lo que al obtener los datos, a menor puntaje, se obtienen resultados favorables para la investigación.

El instrumento de evaluación utilizado se muestra en la figura 3.1.

El siguiente cuestionario tiene la finalidad de medir el grado con que el método del caso junto con el uso del simulador; le ayudaron a incrementar sus capacidades de análisis y síntesis en la solución de una problemática. Esta información servirá para validar la hipótesis de una investigación de tesis, por lo que le agradecemos mucho su cooperación.

INTRUCCIONES: Lea cuidadosamente las preguntas e indique relleno el círculo correspondiente la cantidad en que la dinámica le ayudó a conseguir lo que cada inciso expone. La escala va del 1 al 5 en donde 1 es la mejor puntuación y 5 la peor;

1 2 3 4 5
Mucho Bastante Algo Poco Nada

- 1.- ¿La dinámica le ayudó a encontrar la justificación de alguna práctica administrativa que usted lleva a cabo? ① ② ③ ④ ⑤
- 2.- ¿Le ayudó a distinguir entre ideas principales e ideas subordinadas en cuanto a sostenimiento de círculos de calidad? ① ② ③ ④ ⑤
- 3.- ¿Le ayudó a encontrar evidencias de las principales técnicas y propósitos de un sistema de calidad? ① ② ③ ④ ⑤
- 4.- ¿Le ayudó a determinar relaciones entre los elementos (reconocimiento, capacitación, apoyo de alta gerencia, entre algunos) que soportan un sistema de calidad? ① ② ③ ④ ⑤
- 5.- ¿Le ayudó a encontrar relaciones (que para usted no estaban presentes) entre eventos aparentemente aislados? ① ② ③ ④ ⑤
- 6.- ¿La dinámica con el simulador le ayudó a organizar ideas y experiencias para transmitir las con mayor precisión a los demás miembros del grupo en la sesión? ① ② ③ ④ ⑤
- 7.- ¿Le ayudó a desarrollar un plan concreto de operación para sostener un programa de calidad? ① ② ③ ④ ⑤
- 8.- ¿Le ayudó a percibir procesos de cambio que para usted no eran evidentes? ① ② ③ ④ ⑤
- 9.- ¿Qué tanto le ayudó la técnica para entender la organización de un sistema de calidad? ① ② ③ ④ ⑤

Comentarios / sugerencias: _____

Autores: Francisco Rojas, Rafael Bourguet

Figura 3.1 Instrumento de evaluación para gerentes.

3.4.- Confiabilidad del instrumento de medición

El procedimiento para determinar la confiabilidad del instrumento de medición fue el de Alfa – Cronbach, el cual requiere una sola administración del instrumento de medición y produce valores que oscilan entre 0 y 1 (Hernández, 2002).

Existen dos procedimientos para calcular el coeficiente ζ :

1. Sobre la base de la varianza de los elementos, aplicando la siguiente formula:

$$\zeta = \frac{N}{N-1} \left(1 - \frac{\sum s^2/Y_i}{s^2x} \right)$$

Donde N es igual al número de elementos de la escala. $\sum s^2/Y_i$ es igual a la sumatoria de la varianza de los elementos y s^2x es igual a la varianza de toda la escala.

2. Sobre la base de la matriz de correlación de los elementos, el procedimiento sería;

- ≠ Aplicar la escala.
- ≠ Obtener los resultados.
- ≠ Calcular los coeficientes de correlación r de Pearson entre todos los elementos (todos contra todos de par en par).
- ≠ Elaborar la matriz de correlación con los coeficientes obtenidos.
- ≠ Calcular \bar{P} y NP (promedio de correlaciones y el número de correlaciones no repetidas o no excluidas respectivamente), donde $\bar{P} = \frac{P}{NP}$
- ≠ Aplicar la siguiente formula:

$$\zeta = \frac{N \bar{P}}{1 + (N-1) \bar{P}}$$

Donde N es el número de elementos y \bar{P} el promedio de las correlaciones entre elementos.

Aplicando el procedimiento anterior se obtuvo el siguiente resultado:

Una confiabilidad de $\zeta = 0.7392$ para los 12 elementos del instrumento de evaluación para alumnos y, una confiabilidad de $\zeta = 0.7629$ para los 9 elementos del instrumento para gerentes; interpretándose que ambos instrumento son altamente confiables, ya que de acuerdo a Hayes (1998) un instrumento muy confiable obtendría un valor cercano a 1, considerándose valores de 0.7 o mayores para afirmar que se tiene un instrumento altamente confiable.

4.- Diseño y Desarrollo del Simulador.

4.1.- Proceso de Modelación Dinámica.

Con el fin de realizar el modelo genérico del simulador; es necesario seguir los pasos generales para el proceso de modelación dinámica. Estos pasos se listan a continuación [Sterman, 2000, pág 86].

1. Articulación del problema (establecimiento de límites)
 - a. Selección del Tema: ¿Cuál es el problema? ¿Por qué es un problema?
 - b. Variables clave: ¿Cuales son las principales variables y conceptos que debemos considerar?
 - c. Horizonte de tiempo: ¿Qué tan lejos en el futuro debemos simular? ¿Qué tan lejos en el pasado se encuentra la causa raíz del problema?
 - d. Definición dinámica del problema: (Modos de referencia): Cuál es el comportamiento histórico de las principales variables y conceptos? ¿Cuál podría ser su comportamiento en el futuro?
2. Formulación de la hipótesis dinámica
 - a. Generación de la hipótesis inicial: ¿Cuáles son las teorías actuales sobre el comportamiento del problema?
 - b. Enfoque endógeno: Formular una hipótesis dinámica que explique dicha dinámica como la consecuencia endógena de una estructura de retroalimentación.
 - c. Mapeo: Desarrollar mapas de estructuras causales basados en la hipótesis inicial, variables claves, modos de referencia, y cualquier otro dato disponible, usando herramientas tales como;
 - š Diagramas de límites del modelo
 - š Diagramas de subsistemas
 - š Diagramas causales
 - š Mapas de Forrester
 - š Diagrama de estructura de políticas
 - š Otras herramientas
3. Formulación de un modelo de simulación
 - a. Especificación de estructura y reglas de decisión.
 - b. Estimación de parámetros, relaciones de comportamiento, y condiciones iniciales.
 - c. Probar la consistencia del modelo con el propósito del mismo y sus límites.
4. Prueba
 - a. Comparación de los modos de referencia: ¿Reproduce el modelo el comportamiento del problema de manera adecuada para su propósito?
 - b. Robusticidad ante condiciones extremas: ¿El modelo se comporta de manera realista ante condiciones extremas?
 - c. Sensibilidad: ¿Cómo se comporta el modelo ante la incertidumbre en parámetros, condiciones iniciales y límites del modelo?
5. Diseño de políticas y evaluación
 - a. Especificación de escenario: ¿Qué condiciones ambientales deberán surgir?

- b. Diseño de políticas: ¿Qué nuevas reglas de decisión, estrategias, y estructuras pueden ser tratadas en el mundo real? ¿Cómo se pueden representar en el modelo?
- c. Análisis de sensibilidad: ¿Qué tan robustas es la recomendación de políticas bajo diferentes escenarios e incertidumbres?
- d. Interacción de políticas ¿La política interactúa? ¿Existen sinergias o respuestas compensatorias?

La consecución exacta de estos pasos no asegura la realización exitosa de un modelo simulado, ya que el proceso de modelación es una actividad iterativa en la cual hay que regresar una y otra vez a pasos anteriores para refinar el modelo a simular y así obtener los mejores resultados posibles. Este proceso iterativo se puede observar con mayor claridad en la figura 4.1.

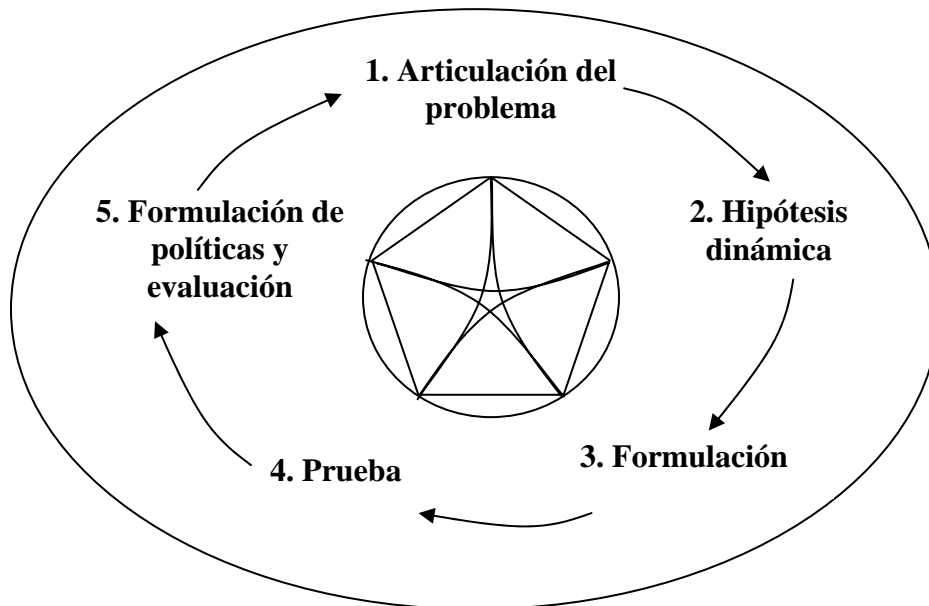


Figura 4.1 El proceso iterativo de la modelación [Stermán, 2000, pág 87]

Con base a estos pasos es que el modelo a simular del caso FP&L fue desarrollado. El proceso como lo menciona Stermán (2000, pág 87) es iterativo, por lo cual la descripción del desarrollo del simulador sigue esta metodología presentando solamente la iteración final del modelo de simulación propuesto.

La adecuación de los pasos generales de modelación para el desarrollo del simulador basado en el caso de Florida Power & Light, se muestra a continuación.

4.2.- Articulación del Problema.

El paso más importante dentro de la modelación dinámica es la estructuración del problema, ya que por medio de la definición del mismo se establecerán los límites y el propósito del simulador.

Un propósito claro es el ingrediente más importante para un estudio de modelación exitoso [Stermán, 2000, pág 89]. Aunque un modelo con un propósito bien definido puede todavía ser defectuoso, poco amplio y difícil de entender; un propósito claro permite la generación de preguntas revelen si un modelo es útil para encausar el problema para el cual fue diseñado.

Cada modelo es la representación de un sistema; un grupo de elementos funcionalmente interrelacionados que forman un todo complejo [Stermán, 2000]. No obstante, para que un modelo sea útil, este debe dirigirse a la representación de un problema específico en forma sencilla más que buscar la modelación detallada de un sistema entero.

En referencia al caso de Florida Power & Light el tema simular es el sostenimiento a través del tiempo del programa de calidad; específicamente el sostenimiento del número de Quality Improvement Teams (QIT). La importancia de este tema radica en que algunas empresas como FP&L tienen problemas para sostener sus programas de participación de empleados en grupos de mejora de la calidad una vez implantados dichos programas y, una vez que el entusiasmo inicial sobre el programa ha pasado. Esta decaída en el número de QIT se vuelve una dificultad para FP&L debido a que la empresa ha invertido demasiado en el programa, tiene bastante gente capacitada y; un mal aprovechamiento de las habilidades y conocimientos del personal operativo de la organización no solo es un desperdicio, sino una grave amenaza para la compañía.

Las variables más importante que se pueden desglosar del tema seleccionado son el número de QIT; la motivación de los QIT; el grado de complejidad de problemas que los QIT pueden resolver; el espacio para crecer de los equipos; la calidad de los mandos medios (MM) como facilitadores y; el alcance de los proyectos que realizan los QIT. Estas variables son las más importantes; sin embargo existen más variables que surgirán durante la modelación y se irán incorporando al modelo según se necesite.

El número de QIT como su nombre lo indica es la cantidad de equipos de mejora que la organización tiene en cualquier punto del tiempo de simulación; este número representará el éxito del programa de calidad; entre más grande, más exitoso será el programa. La motivación de los QIT se define como la voluntad y compromiso de los trabajadores para formar, e integrarse a los QIT, así como para mantenerse unidos como equipo de mejora de calidad.

La variable de grado de complejidad de problemas se refiere al crecimiento que experimentan los empleados que participan en algún QIT en materia de solución de problemas; habilidades de comunicación; habilidades técnicas, etc., que adquieren por medio de la capacitación y la experiencia de realizar proyectos de mejora de la calidad.

El espacio para crecer se define como el número posible de ideas de mejora, la facilidad con la cual se pueden identificar, y el impacto potencial de las mismas (room for improvement; Field, 2001) y se ve afectada por el grado de complejidad de problemas que cada equipo tenga; así como por el alcance que la organización permita para los proyectos de calidad, entre otras variables.

La calidad de los mandos medios como facilitadores es el nivel y el grado de apoyo que los supervisores ofrecen a los QIT al asumir su nuevo rol de facilitadores. Este grado depende de la capacitación que se les dé a los mandos medios, el compromiso que éstos tengan para con el programa de calidad y; el apoyo que reciban en forma de asignación de recursos por parte de la alta gerencia.

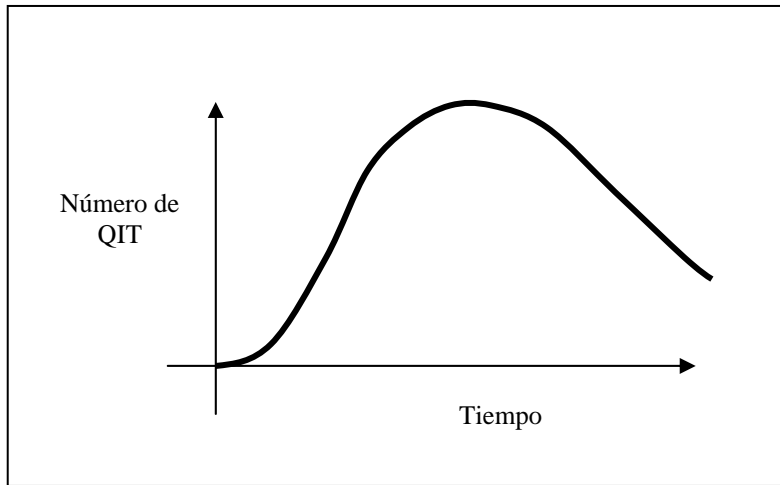
El alcance de los proyectos de mejora se define como el nivel máximo de toma de decisiones que la organización permite a los QIT en la realización de los proyectos. En un inicio este nivel será bajo para permitir que los equipos logren fácil y rápidamente sus proyectos y motiven a los empleados a formar nuevos QIT [Katzan, 1989].

La simulación tomará como presente el año en el cual el caso inicia su programa de calidad (1981) y se extenderá en el futuro hasta el año 2002. El objetivo del caso no es la generación de escenarios que ayuden en la planeación estratégica de la compañía; sino más bien busca generar aprendizaje sobre la toma de decisiones en los individuos que manejen el simulador.

La definición dinámica del problema como la metodología menciona, es la generación de modos de referencia; los cuales son patrones de comportamiento que las variables clave siguen a través del tiempo y que muestran como es que surgió el problema del tema similar y su desarrollo a través del tiempo. Los modos de referencia comúnmente se representan por medio de gráficas y ayudan a eliminar la tendencia de observar los problemas en lapsos cortos de tiempo como mucha la mayoría de las personas hacen. Para lograr lo anterior es necesario identificar las variables clave del problema y determinar el horizonte de tiempo que tendrá la simulación; identificación y determinación que en nuestro caso ya se ha hecho.

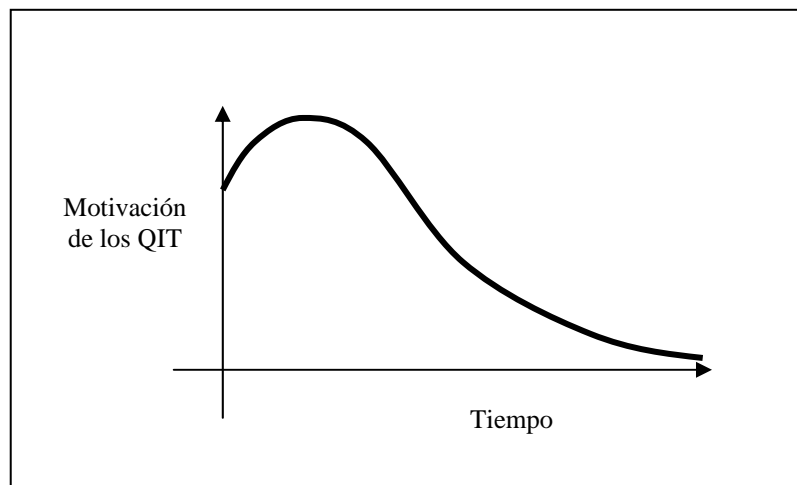
Los modos de referencia para las variables clave identificadas se muestran a continuación junto con una breve explicación de las mismas.

Para la variable “Número de QIT”, se espera que vaya en aumento; sin embargo este aumento tenderá a un límite lo que se puede representar por medio de una curva tipo “s”. El comportamiento futuro esperado de esta variable es una decaída gradual en el número de equipos; ya que existen variables que de no cuidarse provocarán una disminución en la motivación de los empleados para formar y mantener QIT. Este comportamiento se muestra en la gráfica 4.1.



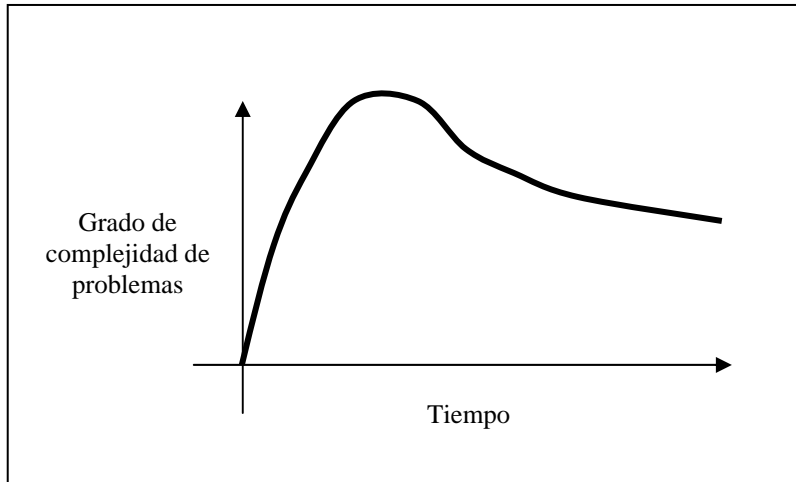
Gráfica 4.1.- Modo de Referencia de la variable “Número de QIT”.

La “motivación de los QIT” se espera que inicie en un valor alto y aumente conforme los primeros equipos piloto obtengan éxito en sus proyectos; no obstante la motivación disminuirá conforme el espacio para crecer decrezca. Su comportamiento futuro es una continua reducción. El comportamiento de esta variable se muestra en la gráfica 4.2.



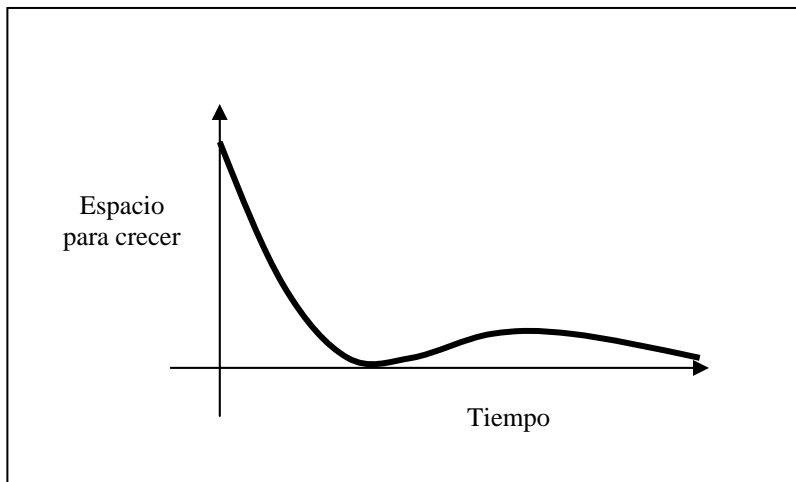
Gráfica 4.2.- Modo de Referencia de la variable “Motivación”.

La variable de “Conocimiento y Habilidades de los QIT” se espera que aumente en un inicio de forma acelerada; pero con el paso del tiempo este aumento se tornará lento. El comportamiento futuro esperado en esta variable es un incremento gradual lento, ya que la variable se verá limitada por el espacio para crecer que tengan los QIT. Este comportamiento se muestra en la gráfica 4.3.



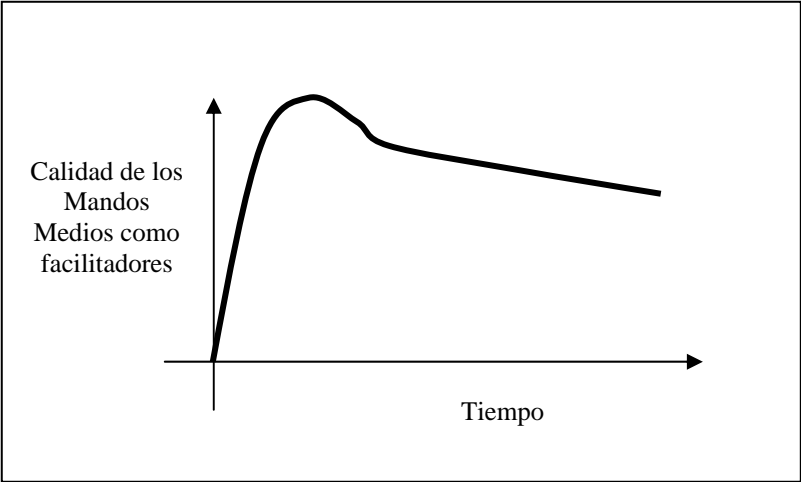
Gráfica 4.3.- Modo de Referencia de la variable "Grado de complejidad de problemas".

El "espacio para crecer" es otra variable clave la cual se espera que en un inicio con niveles altos (esto se debe a que con la implantación de un programa de calidad se le ofrece a los empleados la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos y habilidades que a su vez generarán satisfacción personal en cada trabajador); sin embargo, conforme los empleados se vayan integrando a los QIT y sus grado de complejidad de problemas aumente; el espacio para crecer disminuirá rápidamente hasta llegar a cero. Su comportamiento futuro es un incremento lento desde cero a un valor positivo muy pequeño debido a la gradual perdida de conocimientos y habilidades que los QIT sufren a consecuencia del tiempo. El comportamiento de esta variable se muestra en la gráfica 4.4.



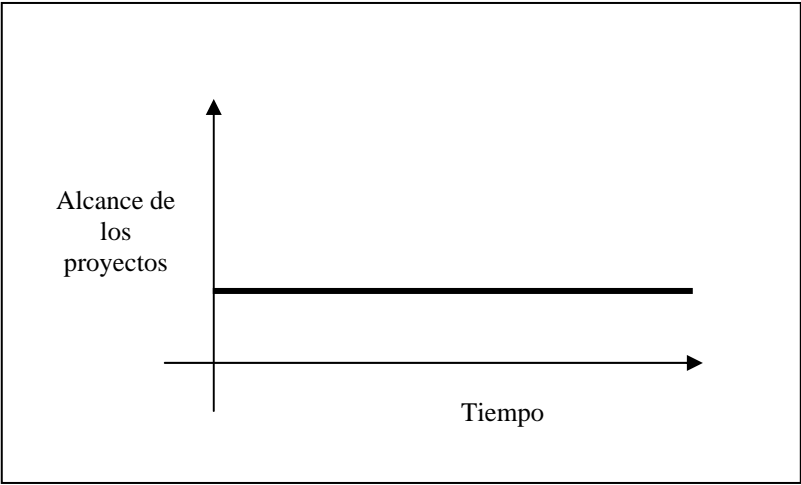
Gráfica 4.4.- Modo de Referencia de la variable "Espacio para crecer".

La calidad de los mandos medios como facilitadores crecerá rápidamente hasta alcanzar un valor máximo y irá disminuyendo gradualmente a través del tiempo. Se espera que en el futuro siga disminuyendo debido a la falta de apoyo de la alta gerencia para con los supervisores. El comportamiento de esta variable se muestra en la gráfica 4.5.



Gráfica 4.5.- Modo de Referencia de la variable “Calidad de los Mandos Medios como facilitadores”.

Por último, la variable “alcance de los proyectos” tomará un valor constante inicial bajo y permanecerá así en el futuro. Este comportamiento se debe a que la organización dará muy poca responsabilidad a los QIT con el fin de que logren fácilmente sus proyectos y, no le interesará aumentar esta responsabilidad mientras el número de QIT no mantenga una tendencia constante o positiva. El comportamiento de esta variable se muestra en la gráfica 4.6.



Gráfica 4.6.- Modo de Referencia de la variable “Alcance de los proyectos”.

4.3.- Formulación de la hipótesis dinámica.

Una vez que el problema ha sido identificado y caracterizado sobre un horizonte apropiado de tiempo, se debe empezar a desarrollar una teoría que explique el comportamiento del problema; a esta teoría se le da el nombre de hipótesis dinámica.

Se dice que la hipótesis es dinámica porque provee una explicación de la característica dinámica del problema en términos de los lazos de retroalimentación existentes entre las variables y, en la estructura de flujos y variables de nivel del sistema [Sterman, 2000, pág 95]. Se le llama hipótesis por su naturaleza provisional, sujeta a revisiones o incluso al abandono conforme se vaya adquiriendo aprendizaje a través del proceso de modelaje y a través del mundo real [Sterman, 2000, pág 95].

Una hipótesis dinámica es una teoría funcional acerca de como surge el problema. La hipótesis ayuda a enfocar los esfuerzos sobre ciertas estructuras relevantes, de manera que se logre un modelo efectivo y dirigido a simular el problema o tema propuesto. La mayoría de los pasos restantes del proceso de modelaje ayudan a probar la hipótesis dinámica tanto con la simulación del modelo como con la experimentación y recolección de información del mundo real [Sterman, 2000, pág 95].

Con relación al caso de FP&L, la teoría que en un inicio se tomó para explicar el comportamiento del problema fue que los mandos medios al no ser considerados desde el principio como elementos clave en la implantación y funcionamiento del programa de calidad, sintieron la pérdida de su autoridad sobre los obreros que supervisaban; ya que la formación y control de los QIT estaba a cargo de facilitadores externos a la empresa. Esta situación produjo que los mandos medios opusieran resistencia al programa y obstruyeran los esfuerzos de los equipos para lograr sus proyectos de mejora de calidad; lo que a su vez repercutió negativamente en la motivación de los empleados para formar e integrarse a un equipo y, por lo tanto el número de QIT disminuyera.

Esta hipótesis inicial se modeló por medio de diagramas causales para facilitar su programación en el software de simulación elegido para este trabajo de investigación. El diagrama causal de dicha hipótesis se muestra a continuación en la figura 4.2.

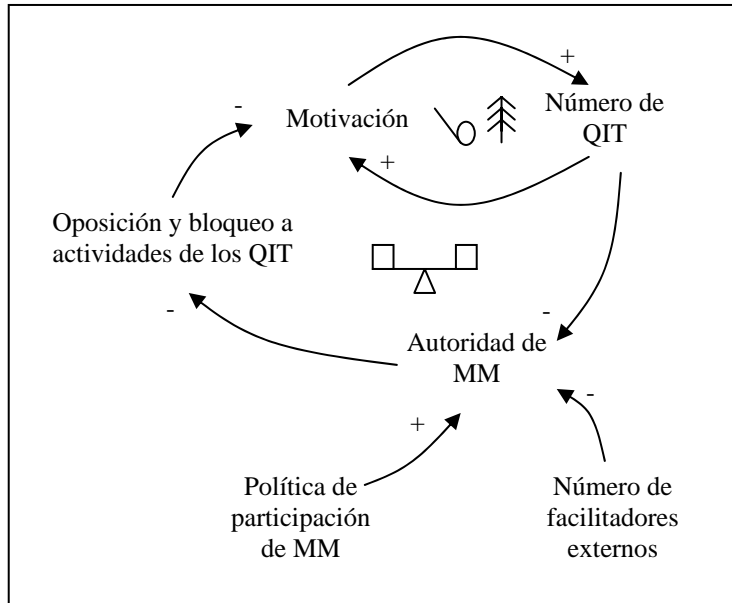


Figura 4.2.- Diagrama causal de la hipótesis dinámica inicial.

El diagrama causal de la figura 4.2 explica cómo el número de QIT se ve afectado por diversas variables que afectan la motivación de los trabajadores a integrarse al programa de QIT. En un inicio la política de la organización sobre la participación de los mandos medios en el programa de calidad es muy pobre, es decir; la compañía no quiere que los supervisores se involucren en las actividades de los QIT, lo que provoca una disminución en la autoridad de los mandos medios; esta disminución se ve reforzada por un incremento en el número de facilitadores externos en FP&L. Por su parte, la reducción en autoridad provoca que la oposición y bloqueo a actividades de los QIT por parte de los mandos medios aumente, disminuyendo la motivación de los trabajadores a formar equipos de mejora de la calidad; lo que repercute finalmente en el número de QIT existentes en la compañía.

El lazo se cierra al indicar que el número de QIT afecta a la autoridad de los mandos medios; entre más QIT menos autoridad y viceversa. Este lazo es de balance, pues busca un punto de equilibrio entre el número de QIT y la autoridad de los mandos medios.

Al validarse mediante la ayuda de expertos la hipótesis dinámica inicial, surgieron varios cambios en modelo; ya que las relaciones causales aun que parecen tener sentido, no ocurren de la manera propuesta en el mundo real.

Los expertos señalaron que la variable mandos medios es de suma importancia en la implantación de cualquier programa de calidad; sin embargo la pérdida de autoridad que el modelo mostraba no ocurre al nivel de afectar gravemente el éxito del programa a implantar. Más bien su efecto era tan pequeño que no se debía porque considerar dentro del modelo.

Lo mismo se planteó para la variable “número de facilitadores externos” y por consecuencia a la variable “oposición y bloqueo a actividades de los QIT” y; obligó a considerar como válido tan solo el lazo de refuerzo existente entre la motivación y el número de QIT; además de relacionar de alguna forma la política de participación con dicho lazo.

No obstante, el lazo de refuerzo entre “motivación” y “número de QIT” estaba representado de forma muy general, lo que dificultaba su entendimiento así como su simulación. Con un mayor análisis y ayuda de los expertos en el área, se propuso incluir otras variables que ayudaran a completar el modelo. Esas variables fueron; “enrolamiento en QIT” y “competencia entre QIT”. El diagrama causal modificado se muestra en la figura 4.3.

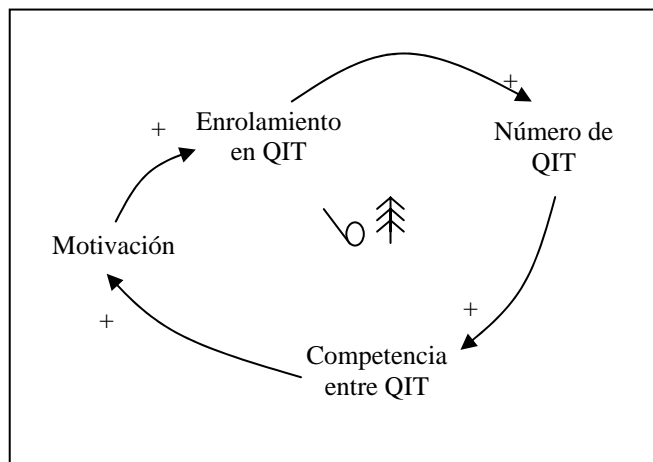


Figura 4.3.- Lazo de refuerzo “Motivación – Número de QIT” modificado.

La figura 4.3.- muestra la relación causal de las nuevas variables con el lazo de refuerzo original; la motivación induce a los empleados a enrolarse a un QIT, lo que acrecienta el número de equipos que la compañía tiene; que a su vez provoca más competencia entre los equipos y por lo tanto aumenta la motivación. La competencia entre equipos se da debido a que el programa de calidad de Florida Power & Light organiza un concurso anual en donde se presentan los mejores proyectos que los QIT hicieron durante el año. Este concurso premia a los mejores equipos dándoles diversos reconocimientos.

Este diagrama causal es menos general que el diagrama inicial y es más fácil su entendimiento; sin embargo no contempla que la compañía solo tiene un número finito de empleados que pueden enrolarse en un QIT; por lo cual el número de QIT podría tomar valores infinitos. Este problema se resuelve agregando un variable que límite el número de QIT según la cantidad de empleados de la organización. Esta variable tomará el nombre de “Número máximo de QIT” y su integración al modelo se muestra en la figura 4.4.

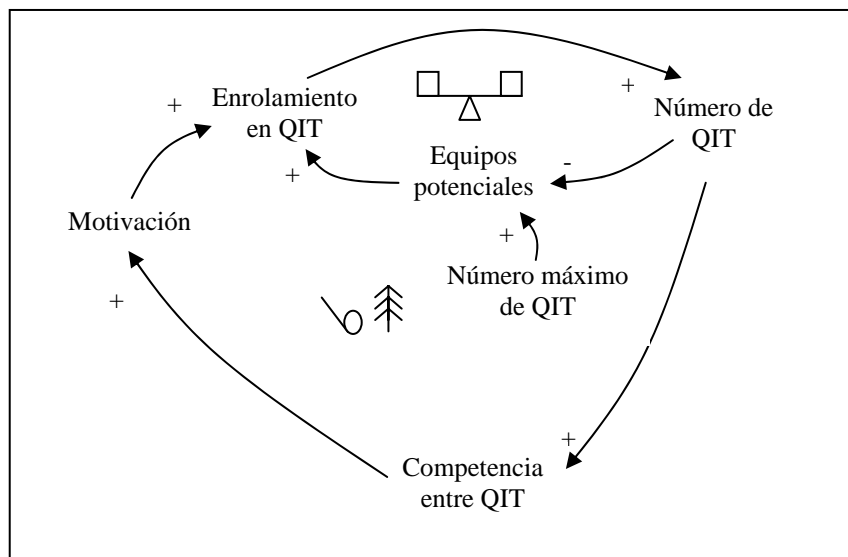


Figura 4.4.- Diagrama causal del Número de QIT.

La variable de equipos potenciales representa la brecha entre el máximo número de QIT que la compañía puede tener y el número de equipos que un momento dado tiene; es decir es el número de equipos que todavía es posible formar con los empleados que no se han integrado al programa de mejora de la calidad.

Entre más equipos potenciales haya, más posibilidad de enrolamiento existe; lo que aumenta el número de QIT con tendencia a alcanzar el límite máximo de equipos posibles, disminuyendo el número de equipos potenciales y por lo tanto la tasa de enrolamiento. Este lazo es de balance; pues busca un valor límite dado por la capacidad de la compañía para formar equipos y su comportamiento es el de una curva “S”.

Por otro lado la motivación se ve afectada por otras dos variables a parte de la competencia entre círculos; el espacio para crecer y, la retroalimentación y reconocimiento para los QIT. El espacio para crecer es un fuerte motivante debido a que se da a los empleados la oportunidad de desarrollarse por medio de su participación en el programa de QIT; entre mayor espacio para crecer, mayor es la motivación de los empleados en formar QIT. La retroalimentación y reconocimiento para los equipos también es de vital importancia para mantener niveles altos de motivación y por lo tanto niveles altos de participación de los empleados en el programa.

La motivación por su parte, no solo afecta a la tasa de enrolamiento; sino que afecta el desempeño de los equipos, haciendo que estos resuelvan una mayor cantidad de problemas y por lo tanto aumente nuevamente la motivación y el desempeño. La causalidad para la variable motivación se puede apreciar en la figura 4.5.

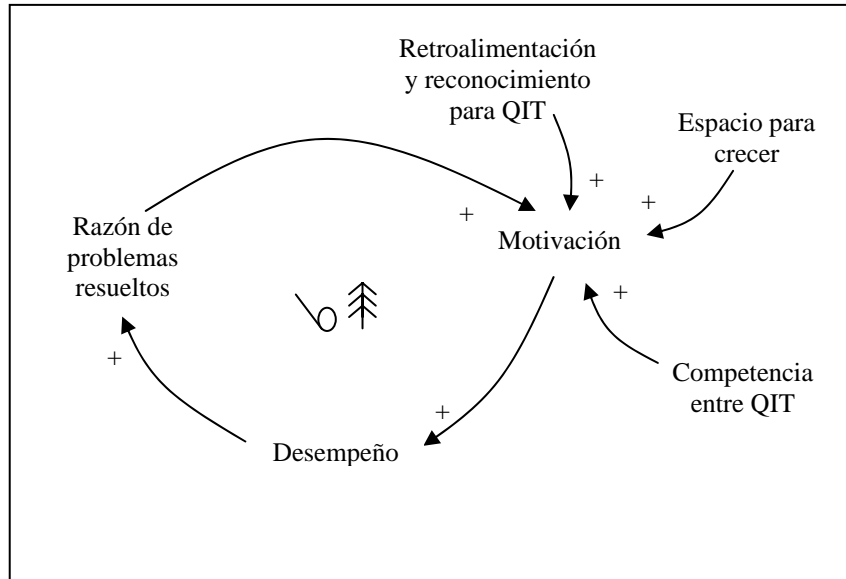


Figura 4.5.- Diagrama causal de la motivación.

Al validar el diagrama causal de la figura 4.5 con la opinión de expertos se encontró que la razón de problemas resueltos afecta a la motivación pero no de manera directa; ya que los equipos pueden resolver muchos problemas sencillos y, sin embargo, la motivación puede permanecer igual o decaer. Lo que realmente motiva a los empleados es el reto que representa la realización de un proyecto; entre más complejo se éste, mayor es la motivación por realizarlo. No obstante, la solución no solamente es aumentar la complejidad de los proyectos; aunado a ello se debe permitir que los empleados incrementen su grado para resolver problemas complejos por medio de la capacitación y puesta en práctica de sus nuevos conocimientos y habilidades.

Entonces, una mayor razón de problemas resueltos, junto con una buena capacitación conduce a una mayor aplicación de conocimientos y habilidades que a su vez, incrementa el “grado de complejidad de problemas” que los QIT pueden resolver; lo que debería aumentar la motivación. Solo falta considerar el límite que la organización establece para el alcance de los proyectos; pues aunque los equipos tengan mucha capacidad para resolver problemas complejos, la autorización de sus proyectos depende del nivel de autoridad que la compañía desee conceder a los equipos. La diferencia entre el “límite del grado de complejidad de problemas” y el “grado de complejidad de problemas” que en un momento dado pueden resolver los QIT es el “espacio para crecer”.

De esta manera es que el ciclo de la motivación se cierra generando una estructura de balance con tendencia a un límite gobernado por el alcance permitido para los proyectos de los QIT. Dicho ciclo se muestra en la figura 4.6.

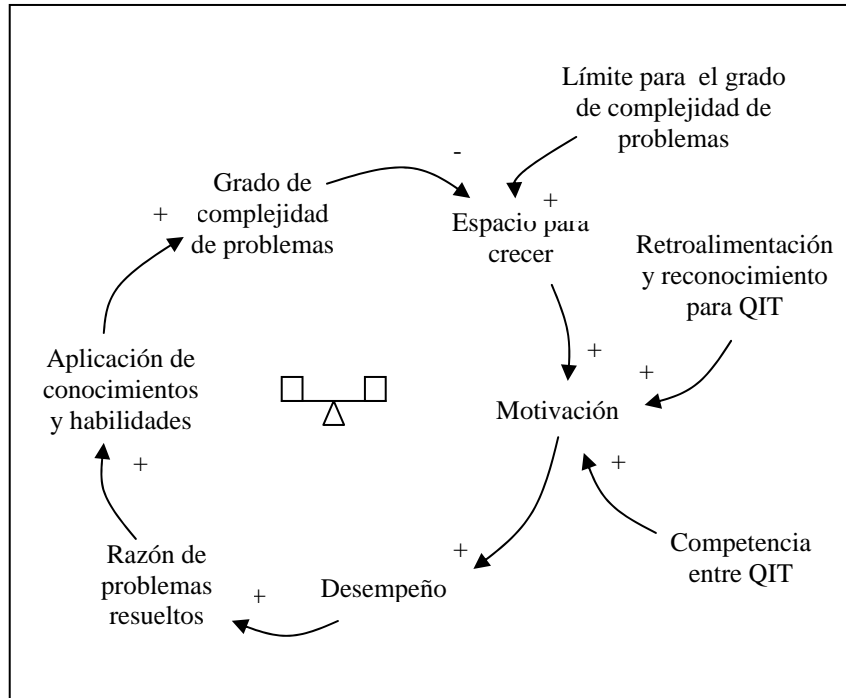


Figura 4.6.- Diagrama causal de la motivación modificado.

Ahora bien, el “límite para el grado de complejidad de problemas” esta dado por el “alcance de los proyectos” que permita la organización; sin embargo este límite se ve afectado por otra variable; la calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores. La calidad de los MM como facilitadores afecta al límite de complejidad de problemas, debido a que dentro de las nuevas funciones de los supervisores dentro del programa de calidad esta la de ayudar a los QIT a estructurar sus proyectos de manera que éstos se puedan lograr de forma eficiente, además de aprobar dichos proyectos; por lo tanto, si un supervisor no cuenta con la capacidad adecuada para fungir el rol de facilitador de un QIT; la complejidad límite de los problemas que los equipos pueden resolver se ve afectada negativamente; pues el facilitador al carecer de calidad en su desempeño no permitirá la realización de problemas demasiado complejos que vayan más allá de comprensión.

La “calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores” afecta al “límite” y no al “grado de complejidad de problemas”, debido a que muy probablemente los equipos tengan la capacidad de resolver problemas complejos; pero el que autoriza la realización de los proyectos es el supervisor. Estas variables se muestran anexadas al modelo en la figura 4.7.

Para generar una buena calidad en la participación de los mandos medios como facilitadores, es necesario entrenar a los supervisores en su nuevo rol. Este entrenamiento se da en dos formas; por medio de cursos de capacitación y, alentando a los mandos medios a participar en equipos de trabajo desarrollando proyectos de mejora. Esto último permitirá a los supervisores experimentar los problemas que los QIT tendrán durante su desempeño, creándoles un mayor compromiso para con el programa y para con su papel de facilitadores.

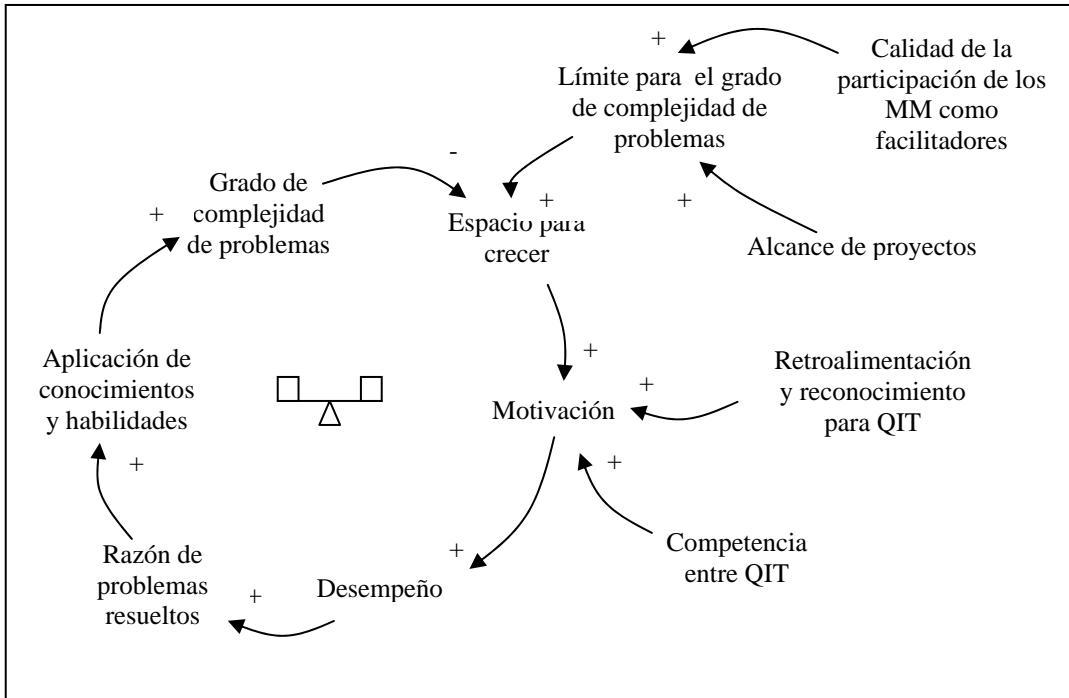


Figura 4.7.- Diagrama causal final de la motivación.

Entonces, para mejorar la calidad de los MM como facilitadores es necesario darles capacitación sobre el nuevo papel que deben desempeñar; aunado a esto se debe aumentar el compromiso de los mandos medios con el programa de calidad para que refuerce la calidad de su participación para con los QIT. Esto se logra haciendo que los supervisores integren sus propios equipos de mejora de la calidad (task team) y realicen proyectos de mejora. Sin embargo, la sola participación de los mandos medios en los task team (TT) no crea el compromiso; es la calidad con los que los equipos de supervisores realicen sus proyectos lo que generará un verdadero compromiso con el programa; pues entre más profunda sea la experiencia de un proyecto de mejora, mayor comprensión se tendrá sobre la importancia de los QIT en la compañía.

Para obtener calidad en los proyectos, es necesario asignar recursos, dar entrenamiento en las técnicas y herramientas para la resolución de problemas y, fomentar la participación de los mandos medios. El caso de Florida Power and Light menciona una falta de interés de los mandos medios en participar en el programa de calidad; por lo cual, para fomentar la participación, la alta gerencia instituyó una política en la cual se menciona que “todo aquel empleado interesado en tener una carrera dentro de la compañía, debe integrarse al programa de calidad por medio de la participación en un equipo de mejora” [Livingston, 1990].

Tomando en cuenta lo anterior, es que dentro del modelo se considera una política de participación que afecta directamente a la “participación de los mandos medios en los task team”. El diagrama causal de esta dinámica se muestra en la figura 4.8.

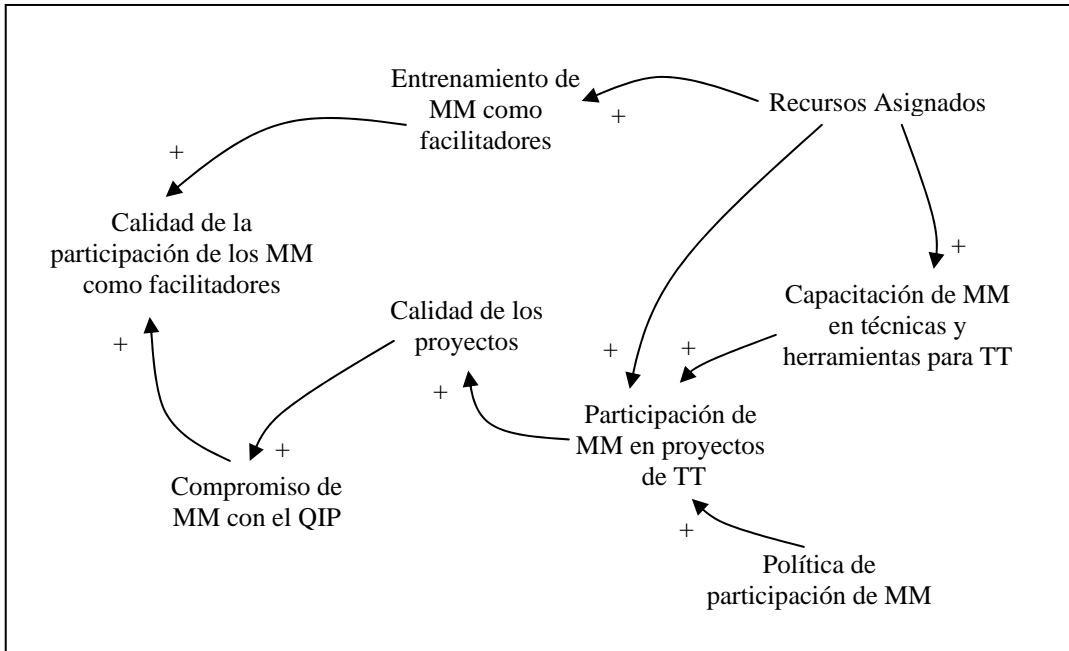


Figura 4.8.- Diagrama causal para la calidad de la participación de los mandos medios.

La asignación de recursos del diagrama causal de la figura 4.8 se divide en tres variables las cuales compiten entre sí para obtener el mayor porcentaje posible. Estas variables son; recursos para la capacitación de mandos medios en técnicas y herramientas de resolución de problemas en los proyectos de los task team; recursos para el entrenamiento de los mandos medios como facilitadores de los QIT y; recursos para realizar los proyectos de los task teams. Esta ultima asignación se de recursos se realiza a través de la variable “participación de mandos medios”; pues se infiere que entre más recursos asignados haya para los TT, mayor y mejor será la participación de los mandos medios.

A partir de estos diagramas causales se puede empezar a formular un modelo de simulación, el cual, de ser correctas las relaciones establecidas; generará diversos escenarios que servirán para probar la hipótesis de esta investigación. Aunque los diagramas causales han sido validados, durante el proceso de construcción del simulador pueden surgir cambios o mejoras con el fin de ser congruentes con las diferentes unidades de medida establecidas durante la operacionalización de las variables.

La construcción del simulador con base en las causalidades establecidas se trata a continuación en el siguiente tema de este capítulo.

4.4.- Formulación de un modelo de simulación.

Una vez desarrollada la hipótesis dinámica inicial, establecidos los límites del modelo y, el modelo conceptual completo; se debe de probar la validez del mismo. Algunas veces se puede probar la hipótesis dinámica directamente a través de recolección de datos o por experimentación en el sistema real [Stermán, 2000, pág 102]. No obstante, en muchas situaciones, especialmente en sistemas humanos, es difícil, peligroso, no ético, o

simplemente imposible conducir en el mundo real experimentos para probar la hipótesis dinámica [Stermán, 2000, pág 103]. En la mayoría de los casos, se debe conducir dichos experimentos en un mundo virtual. Para lograrlo, se debe traducir los diagramas conceptuales del problema a un modelo formal totalmente especificado, complementado con ecuaciones, parámetros, y condiciones iniciales.

Para el caso de Florida Power & Light es imposible conducir un experimento en el sistema real; a parte de no ser esta la finalidad de la investigación. Por lo tanto, el grado de confianza obtenido por el modelo entre los expertos, es el método de experimentación seleccionado tanto para probar la validez del modelo como para probar la hipótesis de la presente investigación.

El primer paso para el desarrollo del simulador es determinar la naturaleza de las variables. Estas pueden ser de tres tipos; de flujo, de estado, o convertidores. Para el diagrama causal de la figura 4.4, las variables de flujos detectada es solamente la de “enrolamiento en QIT”; el “número de QIT” es la única variable de estado y; el resto son convertidores. Se agregó una variable de flujo adicional, la cual ayuda a simular la desintegración de los equipos a lo largo del tiempo. El motivo de dicha desintegración no se especifica; pero se agrega, ya que la separación de los miembros de un equipo es un proceso natural que no debe pasarse por alto durante la implantación de un sistema de calidad.

El diagrama simulado en el software “ithink versión 7.03” se muestra en la figura 4.9.

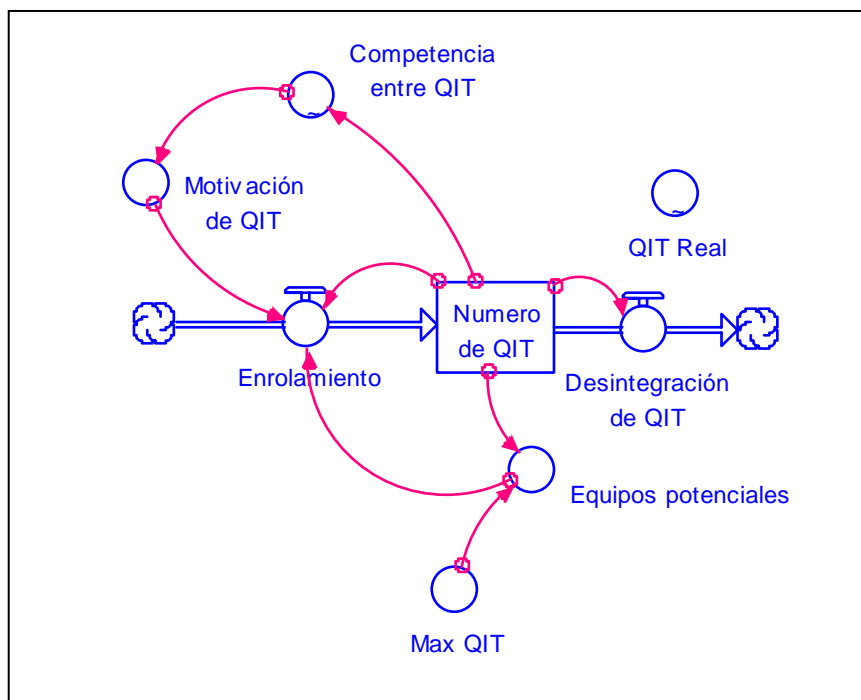
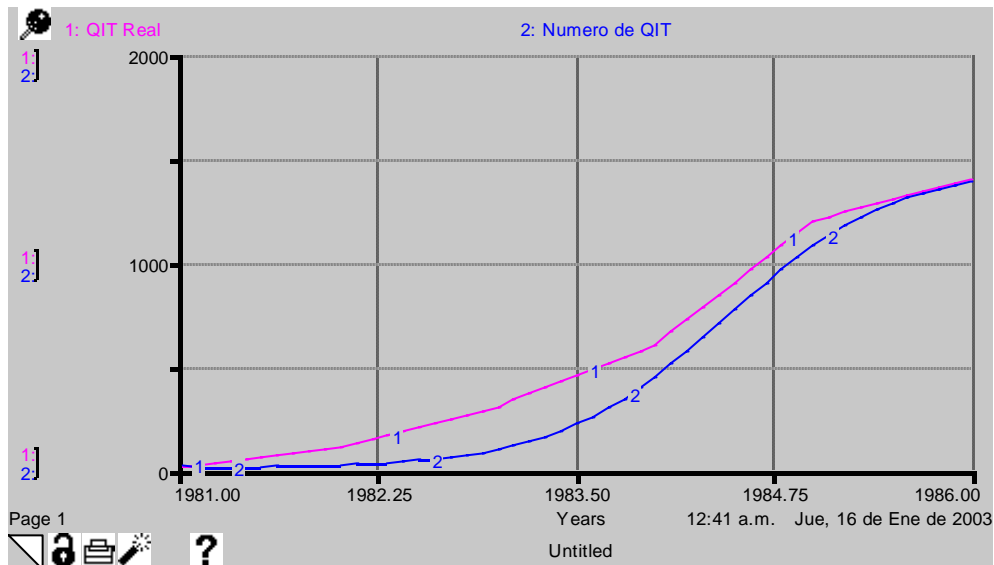


Figura 4.9.- Diagrama de estructuras del número de QIT.

El diagrama de la figura 4.9 muestra a las variables “enrolamiento” y “desintegración de QIT” como flujos que determinan el valor de la variable de nivel “número de QIT”. La dinámica de este diagrama ya fue explicado en el diagrama causal correspondiente (figura 4.4); sin embargo, se agregó un lazo entre el “número de QIT” y el “enrolamiento” para ponderar la motivación según el porcentaje de empedados que pertenecen a un QIT; entre mayor número de QIT, menos motivación se necesita para que los empleados decidan integrarse a un equipo de mejora. La desintegración de los QIT se toma como una razón que depende del número de QIT y una fracción constante de desintegración.

La figura 4.9 también muestra una variable del tipo convertidor llamado “QIT Real”; esta variable contiene el comportamiento histórico real del número de QIT desde el año 1981 hasta el año 1986, el cual fue usado para ajustar el modelo y obtener un comportamiento simulado similar. El comportamiento simulado comparado con el comportamiento real del número de los QIT se muestra en la gráfica 4.7.



Gráfica 4.7.- Comparación entre el comportamiento real y el comportamiento simulado para el número de QIT.

El ajuste mostrado en la figura 4.7 no es perfecto; sin embargo se aproxima mucho al comportamiento real presentado en la empresa durante los primeros cinco años del programa de calidad. Durante el resto del proceso de desarrollo del simulador se procuró mantener y mejorar esta aproximación.

Una vez construida la estructura base del simulador se agregaron las variables del diagrama causal de la figura 4.7. De estas variables, solo una es de flujo; aplicación de conocimientos y habilidades. El “grado de complejidad de problemas” y “la calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores” son variables de estado; el resto son variables tipo convertidor.

Se agregó una variable de flujo llamada “erosión de capacidad” para simular la obsolescencia de los conocimientos y habilidades que los QIT experimentan con el paso del

tiempo. Esta variable disminuye el grado de complejidad de los problemas que los equipos pueden resolver. El diagrama de estructuras se muestra en la figura 4.8.

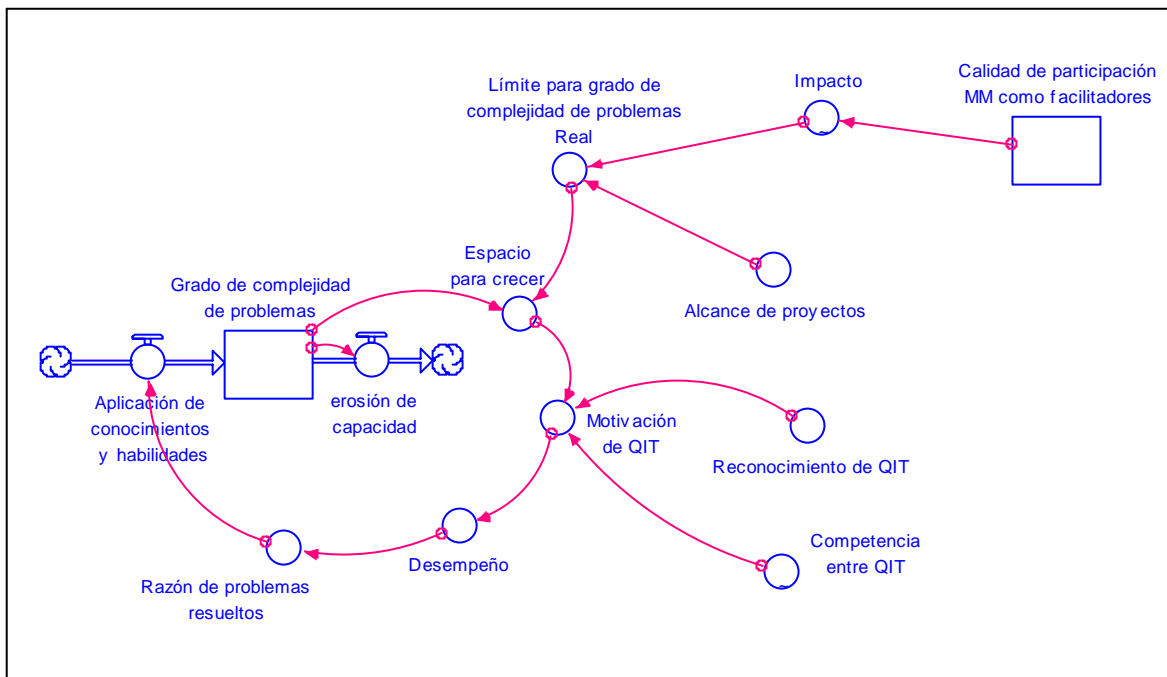
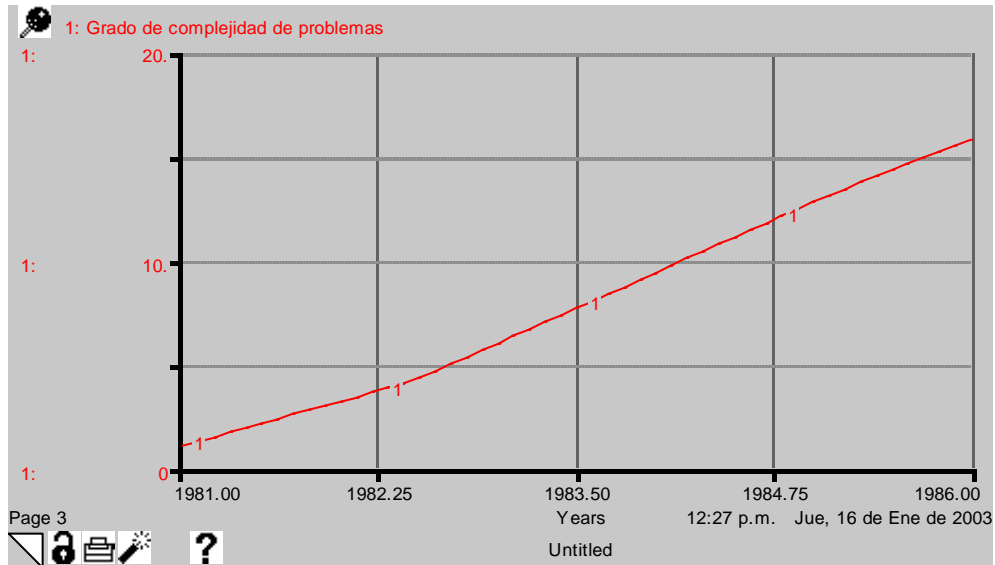


Figura 4.8.- Diagrama de estructuras de la motivación.

El comportamiento de la variable de estado “grado de complejidad de problemas” que arrojó el simulador es el de una curva suave con tendencia positiva hasta cerca del año 1986; esto se explica por la constante capacitación que reciben los QIT que permite obtener gradualmente mayor capacidad para resolver problemas complejos. El comportamiento futuro esperado según el modo de referencia mostrado en la gráfica 4.3. es una disminución muy suave durante el tiempo restante de simulación. Esto se debe a que se espera que el número de QIT a partir del año 1986 disminuya provocando poca aplicación de los conocimientos y habilidades que el personal a adquirido, aunado a la perdida de interés de la organización en seguir con los programas de capacitación, lo que provoca obsolescencia de conocimientos y olvido de los mismos. La gráfica 4.8 muestra dicho comportamiento.

Para el diagrama causal de la calidad de los mandos medios como facilitadores de los QIT, la naturaleza de las variables se asignó como sigue; la “participación de los mandos medios en los task team” es un flujo, pues el número de equipos depende de la cantidad de proyectos que la alta gerencia asigne a los supervisores, desintegrándose el equipo en el momento de concluir el proyecto; por lo cual no puede ser una variable de estado. La calidad de los proyectos, el compromiso y, la calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores son variables de estado debido a que acumulan los distintos valores instantáneos de diferentes variables de flujo. Es resto de las variables son del tipo convertidor. El diagrama de estructuras para esta dinámica se muestra en la figura 4.9.



Gráfica 4.8.- Comportamiento de la variable “Grado de complejidad de problemas”

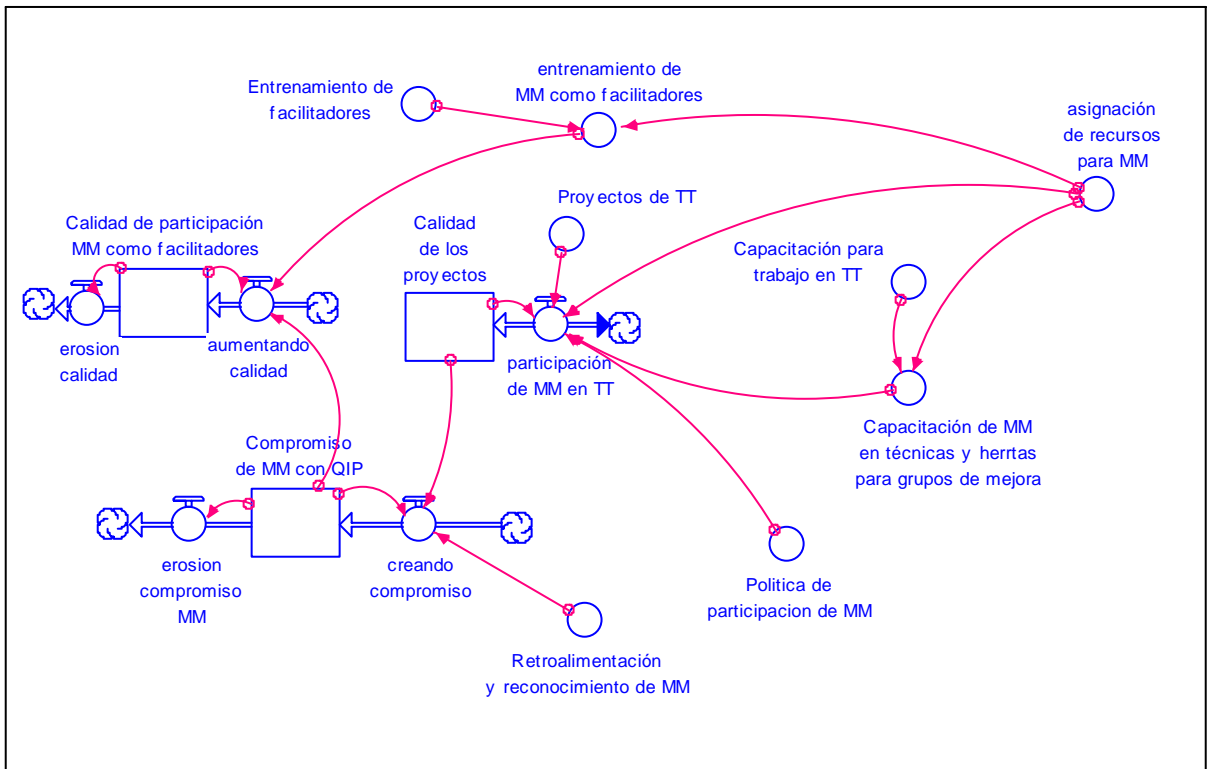


Figura 4.9.- Diagrama de estructuras de la calidad de participación de los MM como facilitadores.

Se agregaron variables extras de flujo al diagrama de la figura 4.9 para representar las entradas y salidas de las variables de estado; estas variables tienen nombres parecidos a la variable de estado a la cual están relacionadas. Existen otras tres nuevas variables tipo convertidor; “Entrenamiento de facilitadores”, “Proyectos de TT” y “Capacitación para trabajo en TT”; estas variables simplemente son fracciones de asignación de recursos para las variables a las cuales se encuentran conectadas; “entrenamiento de mandos medios como facilitadores”, “participación de mandos medios en TT” y “capacitación de MM en técnicas y herramientas para grupos de mejora (TT)”, respectivamente. Los recursos asignados son finitos y se deben repartir en estas tres últimas variables mencionadas; por ello la adición de variables extras de asignación.

También se agregó una variable llamada “retroalimentación y reconocimiento de mandos medios” que afecta directamente a la creación de compromiso; entre más reconocimiento a los mandos medios, más compromiso de estos para con el programa de calidad. Esta variable fue sugerida al momento de validar el simulador con los expertos.

Para hacer más interesante el simulador al momento de jugar con él, se agregó una estructura que simula la ganancia o pérdida de utilidades de la compañía al intentar sostener el número de equipos en un nivel alto; si el número de equipos disminuye, las ganancias también lo hacen y viceversa. Esta estructura toma en cuenta el desempeño de los equipos para aumentar la productividad y bajar los costos operativos. La única entrada de capital que se considera son las ganancias generadas por la venta de la organización; las salidas de capital se dan por la inversión de capital y los gastos operativos de la compañía.

El comportamiento del capital en un inicio es descendente debido a la inversión inicial en la conformación de equipos y establecimiento del programa de calidad, más los costos operativos altos. Una vez que el programa se establece y el número de equipos crece; la productividad aumenta reduciendo los costos operativos; lo que se traduce en un aumento gradual de las utilidades. Las utilidades generadas están en relación con la cantidad de recursos asignados; entre mayor sean las utilidades, más recursos se asignarán al programa de calidad.

La estructura utilizada no fue totalmente validada, más se considera de utilidad para representar los beneficios económicos de la implantación de un sistema de calidad. Esta estructura se muestra en la figura 4.10.

El modelo final del simulador, ya completamente integrado se muestra en las figuras 4.11 y 4.12. En la primera figura se observa la dinámica tanto del número de QIT como la dinámica de la motivación. Se agregaron diversas variables tanto para cumplir con la congruencia de unidades como para facilitar el manejo del simulador por parte del usuario. El cambio de mayor trascendencia fue el de considerar una “probabilidad de éxito percibido” por parte de los equipos para realizar exitosamente un proyecto de mejora. Esta probabilidad de éxito depende del grado de complejidad de problemas y el alcance que la compañía determine para los proyectos; si el alcance es demasiado amplio comparado con los conocimientos y habilidades que los equipos tienen, la probabilidad de éxito percibido por los equipos es muy poca, lo que ocasiona una disminución en la motivación, si la

situación es la contraria, la probabilidad de éxito es alta lo que se traduce a un buen nivel de motivación.

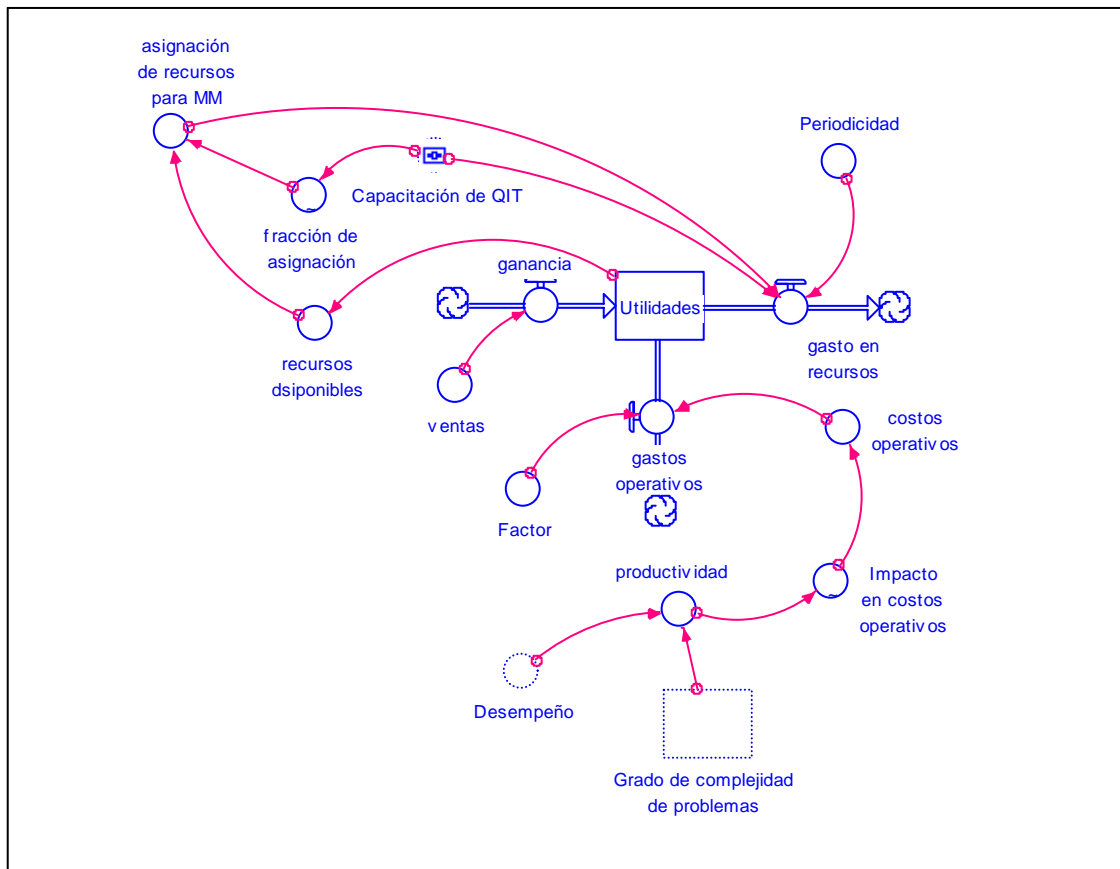


Figura 4.10.- Diagrama de estructuras para las utilidades

El límite máximo para la complejidad de problemas y el alcance de los proyectos representan en si la misma variable; la diferencia es que en la segunda variable se utiliza como interfase para el usuario, y la primera como variable operacional que traduce el alcance de los proyectos a un valor entre cero y cien.

Otra variable que se agregó al modelo es la de “capacitación de QIT”, esta variable afecta a la aplicación de conocimientos y habilidades; pues entre mejor preparados estén los equipos, mayor utilización de las herramientas para solución de problemas se tendrá. La capacitación también afecta el límite para el grado de complejidad de problemas real; ya que los supervisores al saber que sus equipos están más capacitados, aprobarán la realización de proyectos un poco más complejos.

Por último, se agrega un impacto de la calidad de los mandos medios como facilitadores en el nivel de enrolamiento; debido a que una de las funciones de los facilitadores es alentar a los empleados a conformar un equipo; por lo cual entre mayor calidad tengan los mandos medios para con su función de facilitadores; mayor promoción harán entre los empleados para integrarse al programa de calidad.

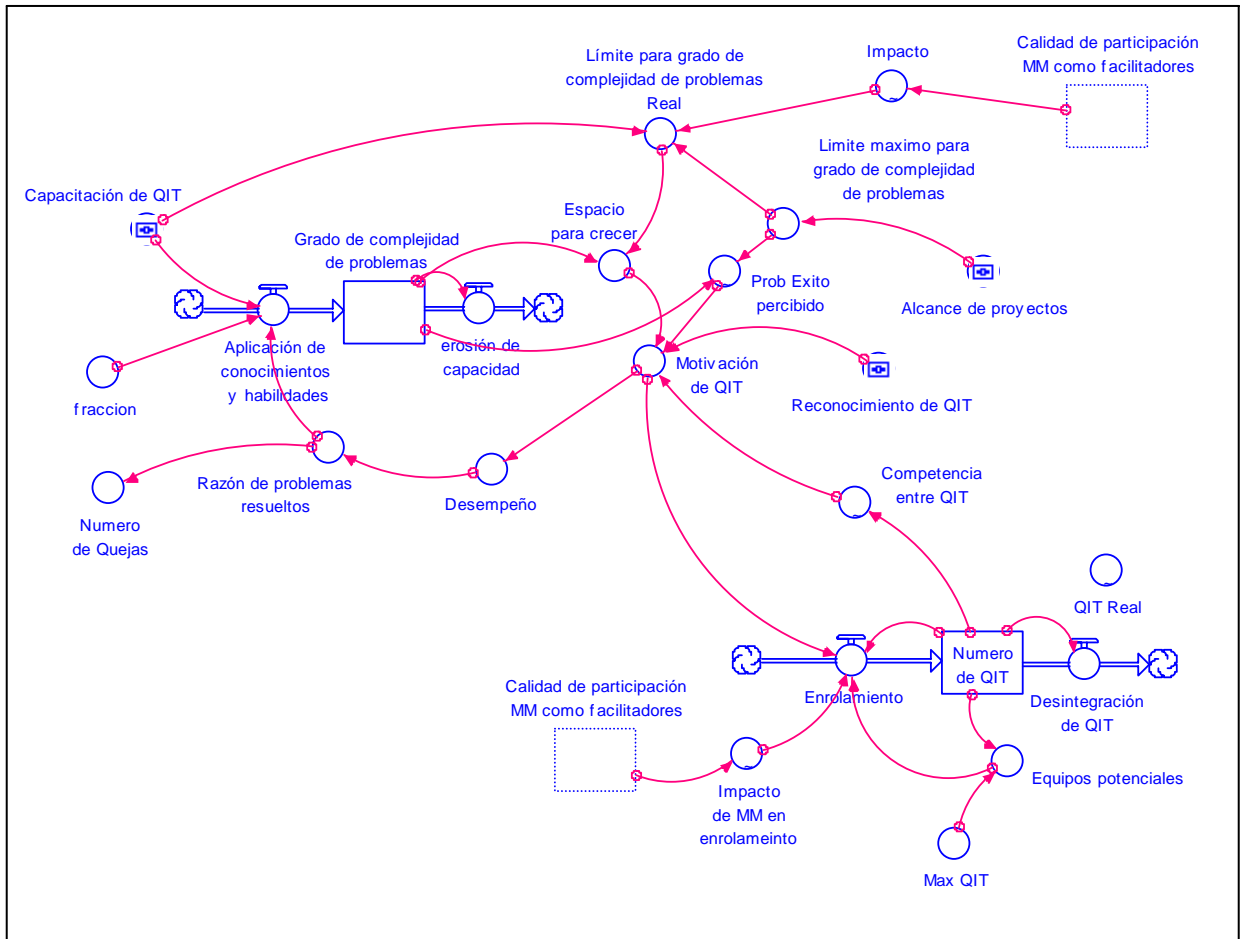


Figura 4.11.- Diagrama de estructuras de la motivación y el número de QIT

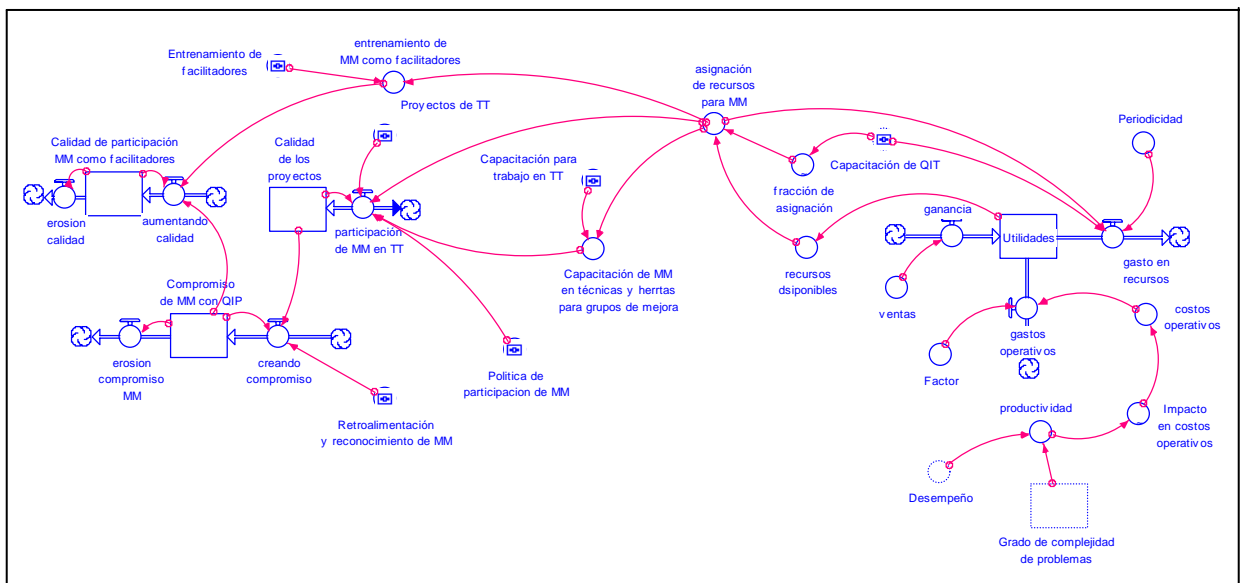


Figura 4.12.- Diagrama de estructuras de los mandos medios y las utilidades.

En la figura 4.12 no hay variables ni nuevas relaciones que explicar; simplemente se integró la estructura de las utilidades a la estructura de la calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores.

Una vez completada la modelación del simulador; es necesario establecer valores iniciales para probar la validez del mismo. La asignación de valores iniciales y las pruebas realizadas se explican en la siguiente sección de este capítulo.

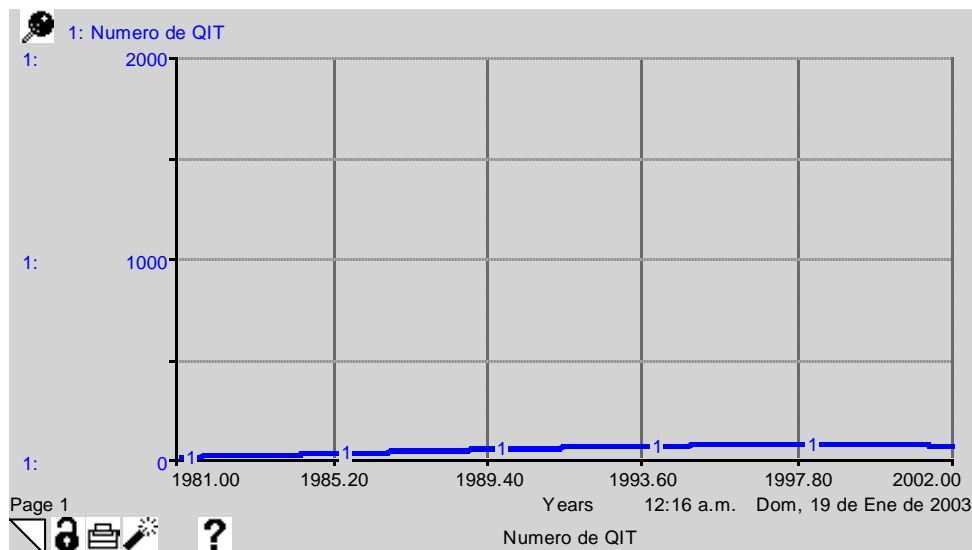
4.5.- Prueba.

El proceso de prueba comienza desde el momento en que se establece la primera ecuación (ver Anexo 4 y 5). Parte del proceso de prueba consiste en comparar el comportamiento simulado del modelo contra el comportamiento real del sistema [Stermán, 2000, p 103]. Pero el proceso de prueba involucra más que la simple réplica del comportamiento histórico; el modelo debe ser probado bajo condiciones extremas, condiciones que jamás se hayan visto en el mundo real.

Pruebas de condiciones extremas, junto con otras pruebas para el comportamiento del modelo, son herramientas críticas para descubrir debilidades en el modelo y para el establecimiento de mejoras [Stermán, 2000, p 103].

Las pruebas realizadas en el simulador de Florida Power & Light consistieron en dar valores extremos a distintas variables de entrada y observar el comportamiento de las variables de salida.

Las variables de salida elegidas son; capacitación de QIT, alcance de proyectos, política de participación, retroalimentación y reconocimiento de mandos medios, reconocimiento de QIT y, las distintas variables de asignación de recursos para los mandos medios.

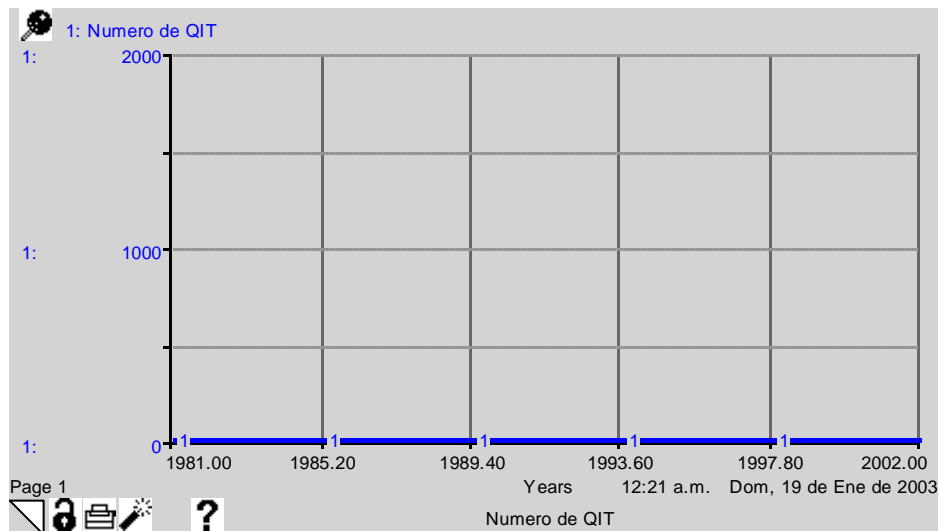


Gráfica 4.9.- Comportamiento de la variable número de QIT para un valor de cero en la capacitación de QIT.

Al dar un valor inicial de cero para la variable “capacitación de QIT”, la respuesta del simulador fue un leve aumento en el número de QIT desde 10 hasta 64 equipos. El valor inicial de esta variable se debe a que en el caso se menciona la creación de 10 equipos piloto con el fin de arrancar el programa de calidad. El comportamiento del simulador se muestra en la gráfica 4.9.

El comportamiento anterior es coherente; pues al no recibir los empleados capacitación alguna sobre los que es un QIT, la probabilidad de que formen un equipo voluntariamente es pobre. Sin embargo, el valor cero para la capacitación de QIT implica mayores recursos para la formación de mandos medios como facilitadores; por lo tanto los supervisores tienen la capacidad suficiente para adiestrar por sí mismos, de manera informal, a los empleados que supervisan y motivarlos a formar equipos de mejora. Este comportamiento trabaja bajo el supuesto de cierto grado de reconocimiento para con los equipos que se formen.

Ahora, lo más lógico es pensar que si la organización no esta interesa en asignar recursos para la capacitación de los equipos; tampoco estará interesada en dar reconocimiento a los equipos que se formen; por lo tanto el simulador debe mostrar una tendencia negativa en el número de QIT para valores de cero tanto en la variable capacitación de QIT; como en la variable reconocimiento de QIT. La respuesta del simulador para dichos valores se muestra en la gráfica 4.10.

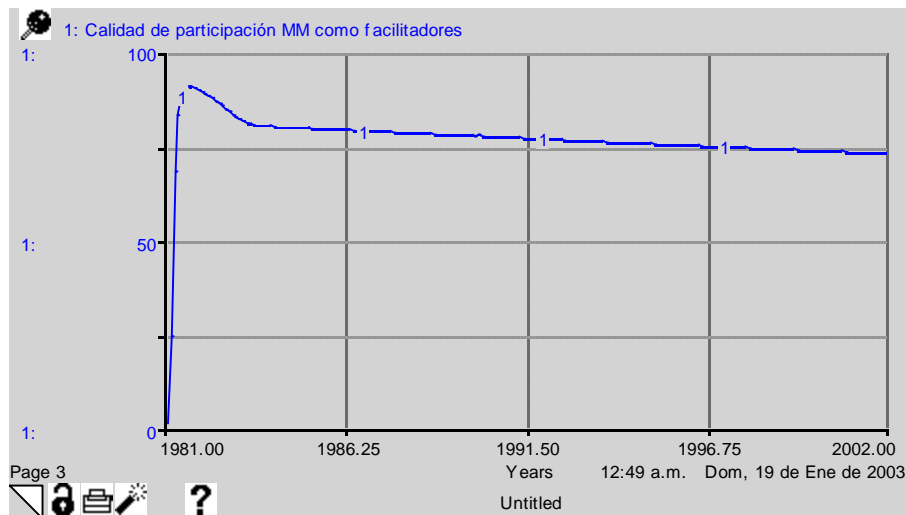


Gráfica 4.10 .- Comportamiento de la variable número de QIT para valores de cero tanto en la capacitación como en el reconocimiento de los QIT.

El comportamiento de la variable “calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores” para las condiciones de las gráfica 4.9 y 4.10 se muestra en la gráfica 4.11.

Se obtiene el mismo comportamiento de la gráfica 4.10 si en vez de reducir a cero el reconocimiento de los QIT, lo dejamos en su valor inicial pero no asignamos recurso alguno para los mandos medios. Esto implica que los mandos medios no alcanzarán un

nivel de de capacidad suficiente para adiestrar a los empleados y motivar la creación de equipos.



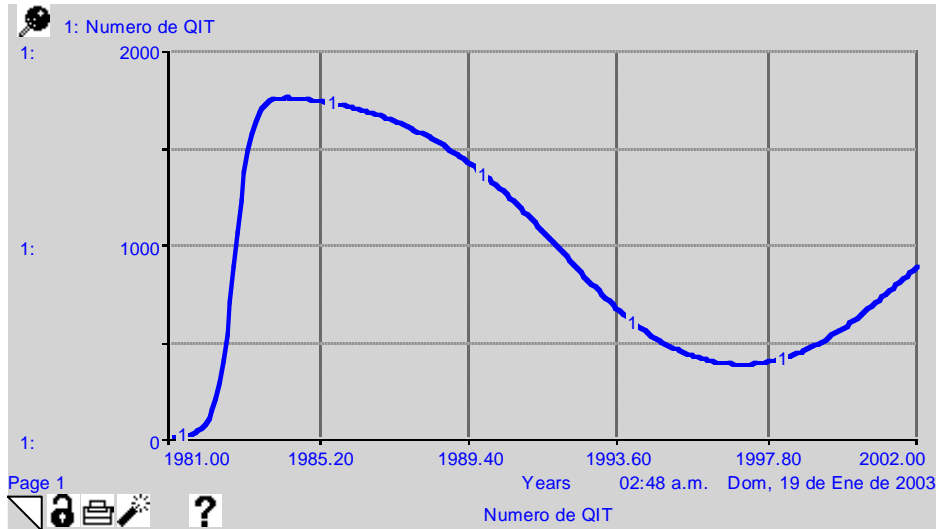
Gráfica 4.11.- Comportamiento de la variable “Calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores” para un valor cero en la capacitación de QIT.

Ahora, si desde un inicio se les da el 100% de reconocimiento a los QIT, lo que sucede es que el número de QIT crece muy rápido hasta alcanzar un límite; posteriormente el número se ira reduciendo debido a que el espacio para crecer no es lo suficientemente amplio para motivar la permanencia de los empleados en los equipos. Este descenso en un inicio es lento; pero conforme pasa el tiempo se va acelerando.

Como el nivel de capacitación permanece constante y la aplicación de conocimientos y habilidades disminuye con la reducción de los QIT; el grado de complejidad de los problemas que pueden resolver los equipos se deteriora aumentando el espacio para crecer e incrementando la motivación para integrarse a un equipo (se infiere que han pasado tantos años que la rotación natural de empleados provoca un nuevo entusiasmo para con el programa entre los obreros con menor antigüedad). Esto genera un suave incremento en el número de QIT. La gráfica 4.12 muestra el comportamiento descrito en el número de equipos.

La asignación de valores extremos para las demás variables (alcance de proyectos, política de participación, recursos para mandos medios) da patrones de comportamiento similares a los ya expuestos; por ejemplo, un valor de cuatro para el alcance de proyectos provoca cero participación de los empleados en el programa de calidad. Esto se debe a que los proyectos propuestos para los equipos, son demasiado retadores y la probabilidad de éxito percibido por los integrantes es muy bajo; por lo tanto prefieren desintegrarse y no participar en el programa.

También, una política de participación con valor extremo de cero genera una nula participación de los empleados en los QIT. Esto se explica por el rechazo de los mandos medios para con los QIT y el consecuente bloqueo de las actividades de los mismos; ya que



Gráfica 4.12.- Comportamiento de la variable “número de QIT” para un valor de 100 en la capacitación de QIT.

la gerencia, al no permitir que los supervisores se involucren; generarán un clima de desconfianza y escepticismo por parte de los mandos medios hacia el programa de calidad.

Lo mismo aplica para valores extremos bajos en los recursos de los mandos medios.

Estas pruebas dan validez sobre la robusticidad y sensibilidad del simulador para valores extremos. Lo que da la confianza suficiente en el modelo para el diseño y evaluación de políticas que den solución a las problemáticas y retos que presenta el caso seleccionado.

El diseño de una política de evaluación se muestra en el siguiente apartado de este capítulo.

4.6.- Diseño de políticas y evaluación.

Una vez que se ha obtenido confianza en la estructura y comportamiento del modelo; éste se puede usar para diseñar y evaluar políticas de mejora. El diseño de políticas implica mucho más que el simple cambio en el valor de los parámetros; incluye la creación de nuevas estrategias, estructuras y reglas de decisión.

Debido a que las estructuras de retroalimentación de un sistema determina su dinámica, la mayoría de las veces la aplicación de políticas implicará cambios en la estructura central de retroalimentación por medio del rediseño de variables de flujo y de estado, eliminación de retrasos, cambios en el flujo y calidad de la información disponibles en puntos clave o, reinención fundamental del proceso de decisión de los actores del sistema [Sterman, 2000, p 104].

También se debe considerar la interacción de varias políticas a la vez; debido a que el mundo real no es lineal, el impacto de políticas combinadas usualmente no es la suma de

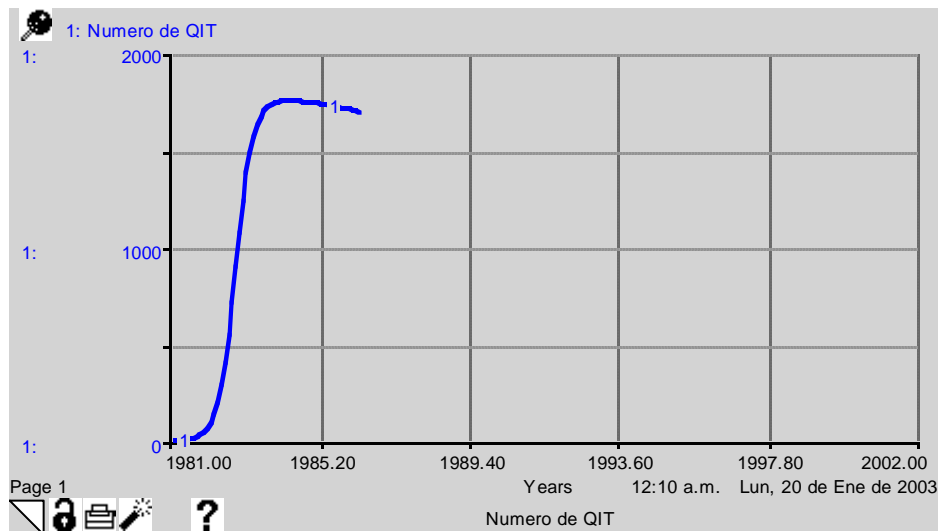
los impactos aislados. Algunas veces las políticas interfieren unas con otras; en otras ocasiones se refuerzan entre si generando una sinergia sustancial [Sterman, 2000, p 105].

Ahora bien; con referencia al caso de FP&L, uno de los retos que se presentan es el de mantener la efectividad del programa de calidad durante el mayor tiempo posible. Por lo cual; el objetivo del juego es lograr el mayor número de QIT que se pueda obtener y sostener este número a lo largo del tiempo de simulación; además, se deben incrementar las utilidades de la compañía. Para ello se tiene que hacer uso de todas las variables entrada del simulador para experimentar y obtener la estrategia adecuada.

La estrategia a seguir para conseguir los objetivos anteriores es en primer lugar; asignar un valor de 75 a la variable capacitación de QIT; un valor entre 60 y 70 tanto para el reconocimiento de los QIT como para el de los mandos medios; un valor de 70 para la política de participación; y de 68 para el entrenamiento de facilitadores. Una vez ajustadas de esta manera las variables se puede iniciar la simulación pulsando el botón “play”. Se deja correr el simulador hasta que el número de QIT alcance un valor máximo y comiencen a descender.

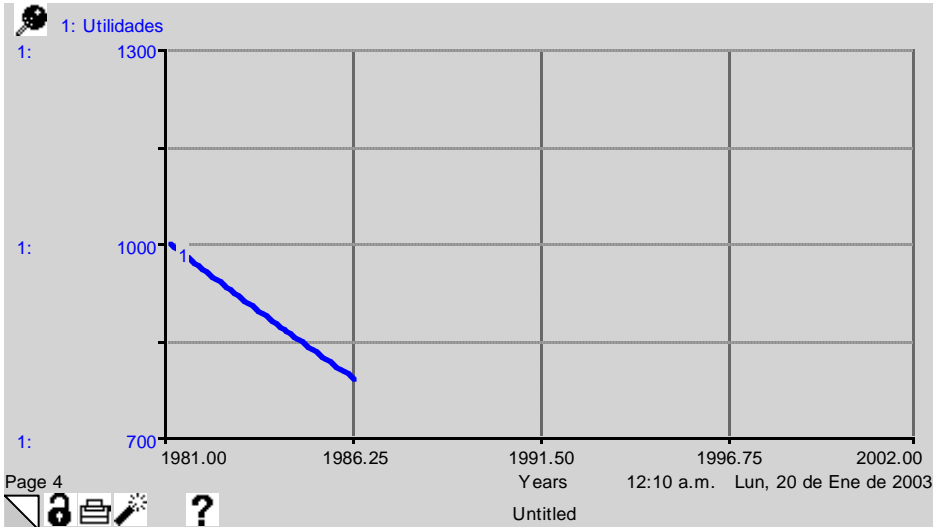
En este punto conviene ampliar en una unidad el alcance de los proyectos; pues se infiere que los equipos han acumulado bastantes conocimientos y habilidades como para resolver problemas más complejos. El aumento del alcance de los proyectos permitirá el desarrollo de proyectos más retadores, aumentará su espacio para crecer y por lo tanto incrementará la motivación para seguir en los equipos y/o formar nuevos. Hay que tener cuidado con el aumento excesivo en el alcance de los proyectos; pues proyectos demasiado retadores en lugar de aumentar la motivación, la disminuirán al considerar los empleados que las expectativas de la compañía para con los proyectos de los QIT son inalcanzables.

El comportamiento del simulador en este punto se muestra en la gráfica 4.13.



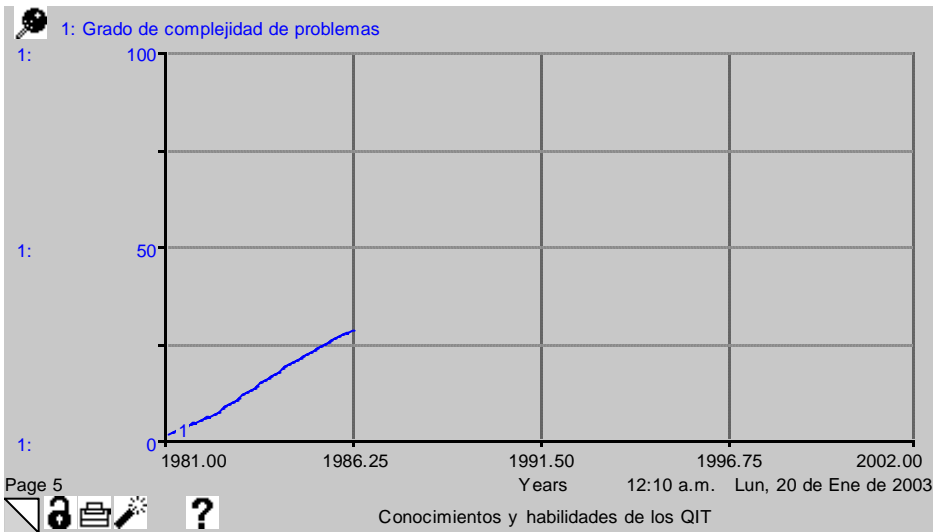
Gráfica 4.13.- Comportamiento inicial de en el número de QIT para una corrida optima de simulación.

Las utilidades en este punto no serán muy buenas debido la inversión en capacitación y lanzamiento inicial del programa de calidad. Una vez que los equipos empiecen a ser productivos, los costos operativos disminuirán y las utilidades mejorarán. El comportamiento de las utilidades en este punto se muestra en la gráfica 4.14.



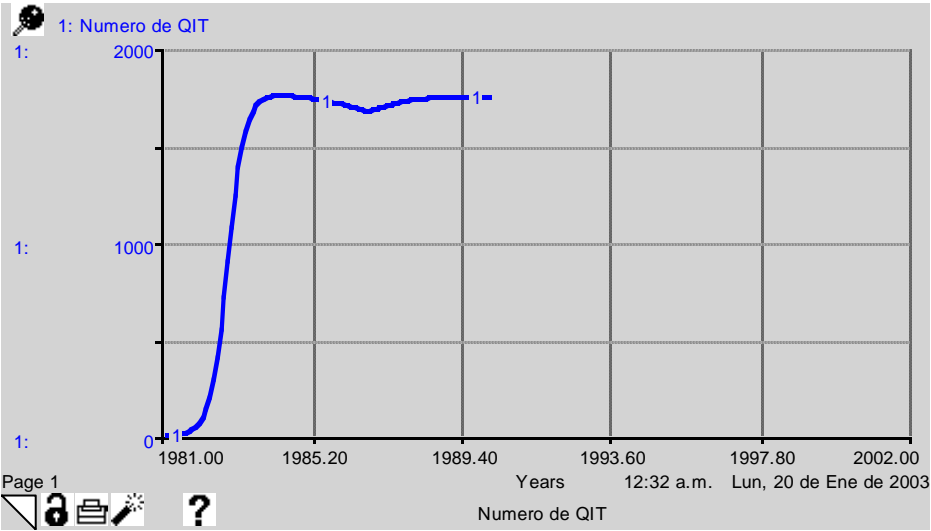
Gráfica 4.14.- Comportamiento inicial de las utilidades para una corrida optima de simulación.

Aunque las utilidades van decreciendo y el número de QIT empieza a tener tendencia negativa; el grado de complejidad de problemas que pueden resolver los QIT va en aumento; lo que refuerza la decisión de aumentar el alcance de los proyectos para incentivar la formación de equipos y mantener la integridad de los que ya se encuentran formados. La tendencia del grado de complejidad de problemas se muestra en la gráfica 4.15.

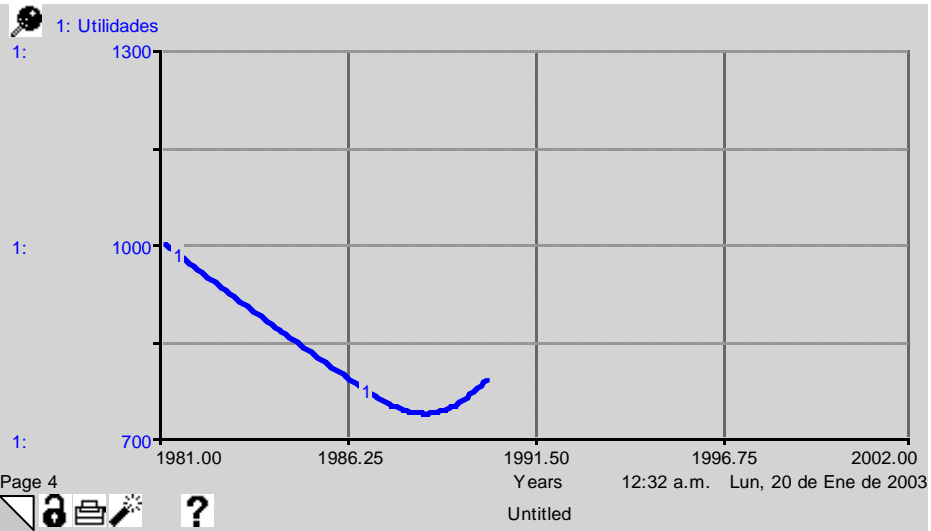


Gráfica 4.15.- Comportamiento inicial del grado de complejidad de problemas para una corrida optima de simulación.

Una vez ajustado el valor del alcance de los proyectos a un nivel de “2”, se observa que el número de QIT se sostiene aumentando ligeramente para llegar una vez más al nivel máximo anteriormente alcanzado. Por su parte las utilidades comienzan a subir; lo que indica que los equipos al desarrollar proyectos más complejos y retadores, aumentaron su productividad y comienzan a disminuir los costos operativos de la empresa. El comportamiento para el número de QIT y las utilidades se muestran en las gráficas 4.16 y 4.17 respectivamente.

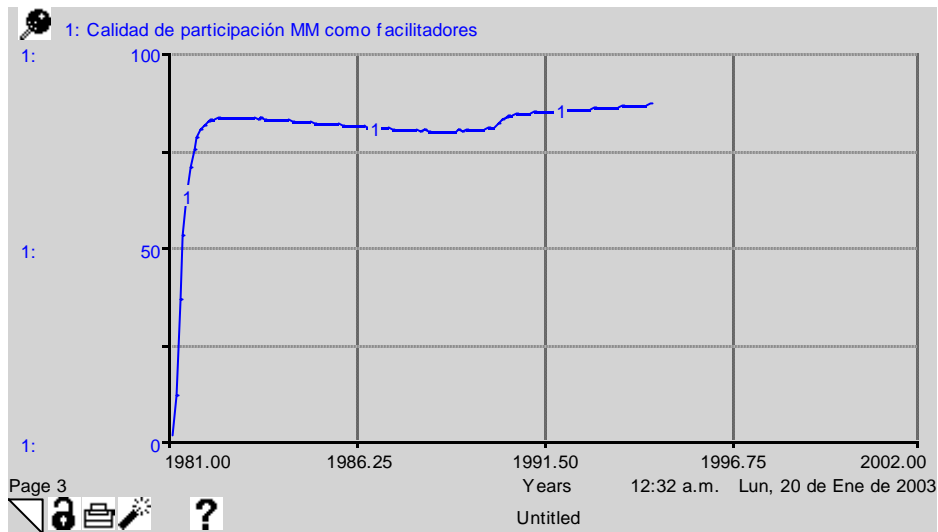


Gráfica 4.16.- Tendencia del número de QIT una vez ajustada la variable “alcance de proyectos”.



Gráfica 4.17.- Tendencia de las utilidades una vez ajustada la variable “alcance de proyectos”.

El grado de complejidad de problemas sigue en aumento; sin embargo antes de pensar en ajustar una vez más el alcance de los proyectos, conviene dar mayor reconocimiento tanto a los QIT como a los mandos medios. También se debe de fortalecer la calidad de los mandos medios como facilitadores por medio de mayor entrenamiento y una política de participación más rígida. Esto permitirá que los mandos medios estén capacitados para asesorar equipos cada vez mas preparados. El repunte en la calidad de la participación de los mandos medios como facilitadores se observa en la gráfica 4.18.

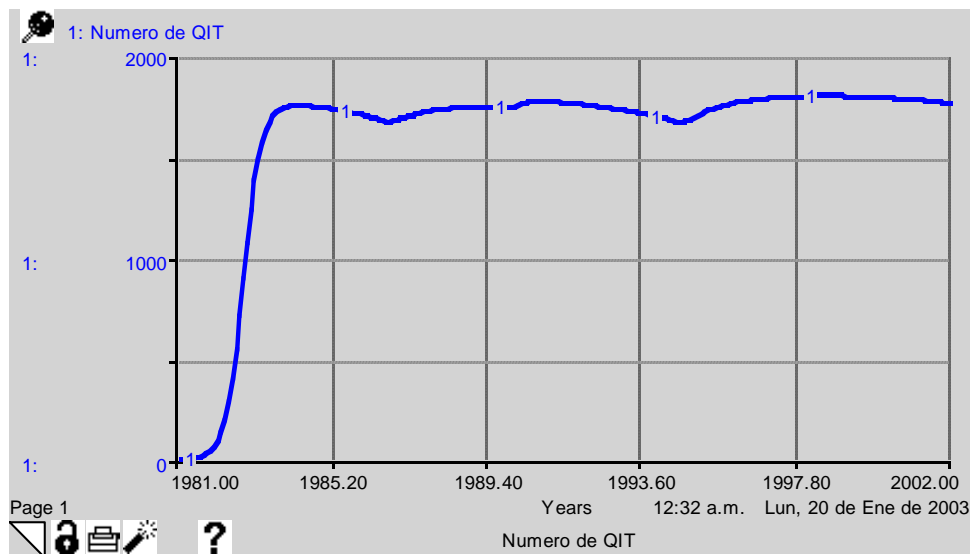


Gráfica 4.18.- Comportamiento de la calidad de los MM como facilitadores para los ajustes en las variables “entrenamiento de facilitadores” y “política de participación”.

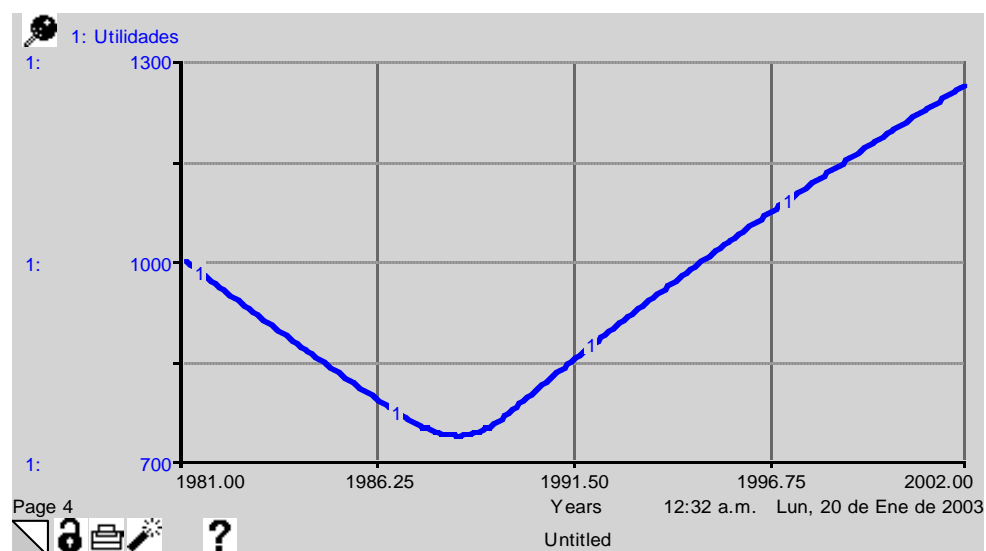
Los ajustes anteriores permiten un nuevo repunte en el número de equipos; sin embargo con el paso del tiempo la tendencia de los equipos comienza ser negativa. Si se observa el nivel del grado de complejidad de problemas, se verá que esta variable ha alcanzado valores bastante altos; por lo que es recomendable aumentar una vez más el alcance de los proyectos.

El aumento de una unidad en el alcance de los proyectos permite sostener el número de equipos cerca de su primer valor máximo durante el resto del tiempo de simulación. Por su parte, las utilidades continúan creciendo favorablemente al igual que la calidad de los mandos medios como facilitadores y, el grado de complejidad de problemas. El comportamiento final para las variables mencionadas se muestra en las gráficas 4.19, 4.20, 4.21 y 4.22 respectivamente.

Se puede concluir que unos de los factores clave para el sostenimiento de programas de calidad que incluyan equipos de trabajo es el facultamiento otorgado por la alta gerencia a los equipos de mejora. Aunado a esto, la participación de los mandos medios es de suma importancia por lo cual se les debe de entrenar, capacitar y alentar a participar en el programa de calidad como facilitadores de los QIT.



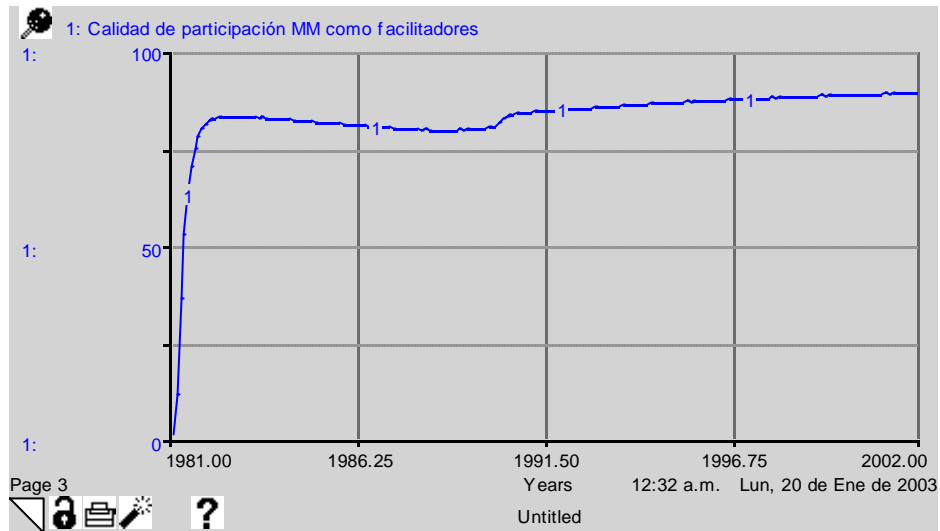
Gráfica 4.19.- Comportamiento final de la variable “Número de QIT.



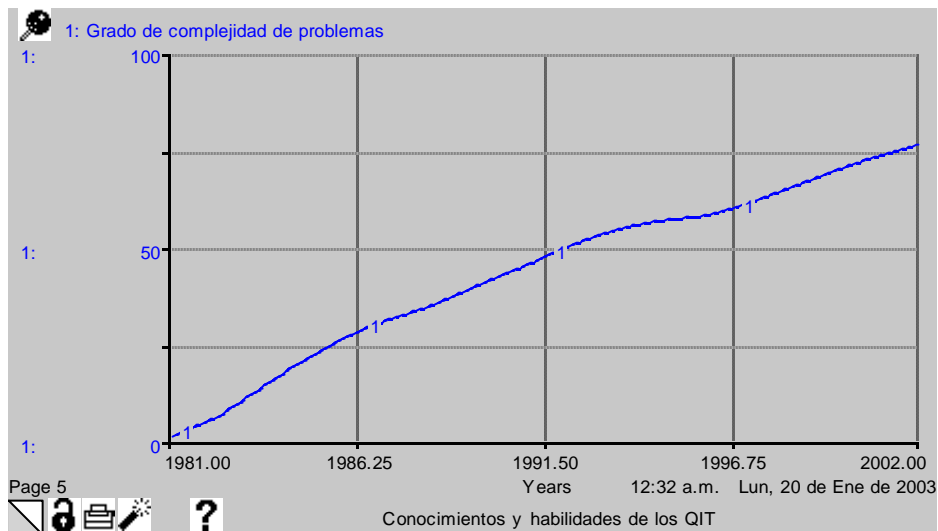
Gráfica 4.20.- Comportamiento final para la variable “Utilidades”.

No se debe de olvidar el reconocimiento tanto para los equipos como para los mandos medios; ya que el reconocimiento a los esfuerzos de los empleados, es primordial para motivar a la gente y lograr que ésta siga siendo productiva y de valor para la empresa.

Por último; el objetivo del simulador no es el diseño y evaluación de políticas de mejora; lo que se pretende es que el usuario adquiriera las habilidades del pensamiento sistémico que le permitan descubrir lazos de balance y de refuerzo dentro del contexto del caso. También se espera que el participante modifique sus modelos mentales acerca su percepción del mundo y capte que no existe linealidad entre causas y efectos para periodos muy largos de tiempo.



Gráfica 4.21.- Comportamiento final para la variable “Calidad de la participación de MM como facilitadores”.



Gráfica 4.22.- Comportamiento final para la variable “Grado de complejidad de problemas”.

En resumen; el fin del uso del simulador es introducir a los usuarios dentro del concepto de dinámica de sistemas y pensamiento no lineal, más que la prueba de políticas para mejora de una organización.

5.- Análisis de los datos.

5.1.- Análisis para alumnos.

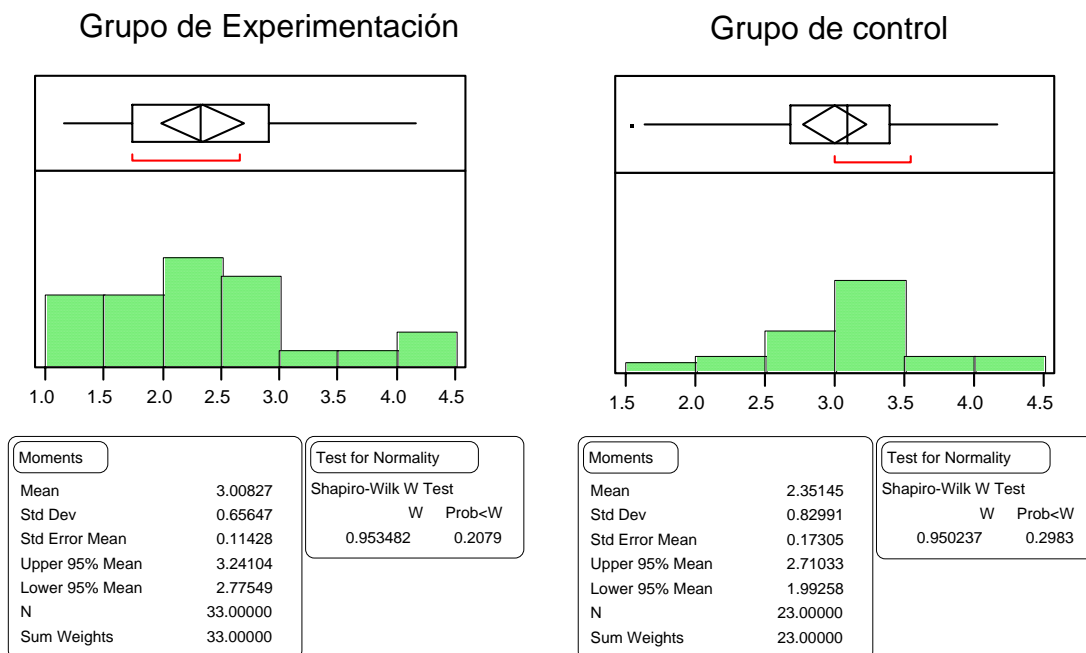
Una vez desarrollado el simulador se procedió a la realización del experimento para probar la validez de la hipótesis de investigación. Para ello se seleccionó dos grupos de alumnos de profesional del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Se considero que ambos grupos por provenir de una misma carrera y de un mismo semestre, comparten características similares lo que facilita la comparación entre los mismos. Solo a uno de los grupos se le aplicó el simulador después del método del caso (grupo de experimentación); el otro grupo sirve como grupo de control para realizar las comparaciones en el nivel de aprendizaje.

El instrumento de medición fue la aplicación de un examen con el cual se pretenden medir el aprendizaje en los alumnos de acuerdo a la taxonomía de Bloom [ITESM, 2002]. El análisis de los datos incluye tanto una comparación global de los resultados obtenidos en cada grupo, como comparaciones entre las distintas categorías de la taxonomía.

5.1.1.- Comparación global de los resultados.

Los resultados de los exámenes tanto para el grupo de control como para el grupo de experimentación se muestran en la gráfica 5.1.



Gráfica 5.1.- Resultados obtenidos por medio del instrumento de medición tanto por el grupo de control como el de experimentación.

El método estadístico seleccionado para realizar el análisis de los datos es una prueba de hipótesis para la comparación de medias. Sin embargo, antes de realizar dicha prueba es necesario determinar si los datos provienen de una población normal. Para ello se hizo uso del paquete estadístico computacional JMPIN v 3.2.1. Los resultados arrojados por el software para la prueba de normalidad se muestran en la tabla 5.1 y 5.2.

Las hipótesis a probar son;

Para el grupo de control:

H₀: Los datos del grupo de control provienen de una población con distribución normal.

H_a: Los datos del grupo de control no provienen de una población con distribución normal.

No se conocen los parámetros poblacionales.

Nivel de significancia = 0.05.

Moments	
Mean	2.35145
Std Dev	0.82991
Std Error Mean	0.17305
Upper 95% Mean	2.71033
Lower 95% Mean	1.99258
N	23.00000
Sum Weights	23.00000

Test for Normality		
Shapiro-Wilk W Test		
	W	Prob<W
	0.950237	0.2983

Tabla 5.1.- Resultados de la prueba de normalidad para el grupo de control.

Según los datos de la tabla 5.1 y con un nivel de significancia igual a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula; por lo cual podemos decir que los datos del grupo de control provienen de una población con distribución normal.

Para el grupo de experimentación:

H₀: Los datos del grupo de experimentación provienen de una población con distribución normal.

H_a: Los datos del grupo de experimentación no provienen de una población con distribución normal.

No se conocen los parámetros poblacionales.
 Nivel de significancia = 0.05.

Moments	
Mean	3.00827
Std Dev	0.65647
Std Error Mean	0.11428
Upper 95% Mean	3.24104
Lower 95% Mean	2.77549
N	33.00000
Sum Weights	33.00000

Test for Normality		
Shapiro-Wilk W Test		
	W	Prob<W
	0.953482	0.2079

Tabla 5.2.- Resultados de la prueba de normalidad para el grupo de experimentación.

Según los datos de la tabla 5.2 y con un nivel de significancia igual a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula; por lo cual podemos decir que los datos del grupo de experimentación provienen de una población con distribución normal.

Una vez determinada la normalidad de los datos, es conveniente realizar una prueba de igualdad de varianzas con el fin de elegir el método apropiado (paramétrico o no paramétrico) para la comparación de medias. Los detalles de esta prueba se muestran a continuación;

Supuestos; Las poblaciones de ambos grupos son normales.

Ho: La varianza poblacional del grupo de control es igual a la varianza poblacional del grupo de experimentación.

Ha: La varianza poblacional del grupo de control es diferente a la varianza poblacional del grupo de experimentación.

Nivel de significancia = 0.05

En la tabla 5.3 se puede observar el resultado de la prueba de Bartlett; p-valor = 0.2311. Esto indica que con un nivel de significancia igual a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto se concluye que las varianzas poblacionales tanto para el grupo de control como para el grupo de experimentación son iguales.

Habiendo determinado normalidad en los datos e igualdad de varianzas entre los mismos; el método elegido para probar la igualdad de medias entre los grupos de experimentación y control y; por lo tanto para probar la hipótesis de esta investigación, es un método paramétrico. Este método es una prueba “t” para dos poblaciones.

Tests that the Variances are Equal					
Level	Count	Std Dev	MeanAbsDif to Mean	MeanAbsDif to Median	
con	33	0.6564724	0.4973535	0.4848333	
sin	23	0.8299101	0.6421066	0.6449391	
Test		F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F
O'Brien[.5]		1.5412	1	54	0.2198
Brown-Forsythe		1.5820	1	54	0.2139
Levene		1.3575	1	54	0.2491
Bartlett		1.4342	1	?	0.2311
Welch Anova testing Means Equal, allowing Std's Not Equal					
	F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F	
	10.0315	1	40.126	0.0029	
	t-Test				
	3.1673				

Tabla 5.3.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas.

Para realizar la prueba “t” es necesario que los datos provengan de una población normal y que las poblaciones a comparar tengan varianzas iguales. Estos dos requerimientos son cubiertos perfectamente por los datos como se demostró con las pruebas anteriores. Lo que se pretende demostrar con la prueba de igualdad de medias es, si existe diferencia significativa en el aprendizaje en los alumnos que practicaron con el simulador y los alumnos a los cuales solo se les aplicó el método del caso. A ambos grupos se les aplicó el método del caso tradicional; pero solo a uno de ellos (grupo de experimentación) se le pidió que jugara con el simulador.

Los detalles de esta prueba se muestran enseguida;

Supuestos; Poblaciones normales.
 Varianzas iguales.

Ho: La aplicación de modelos simulados basados en casos de sistemas de calidad como complemento del método de casos no mejoran el aprendizaje del alumno comparado con la aplicación tradicional del método del caso.

Ha: La aplicación de modelos simulados basados en casos de sistemas de calidad como complemento del método de casos mejoran el aprendizaje del alumno comparado con la aplicación tradicional del método del caso.

Las hipótesis dentro del contexto estadístico quedarían como sigue;

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$

$H_a: \sigma_1 \neq \sigma_2$

Donde σ_1 representa la media del grupo de control y σ_2 la media del grupo de experimentación. El nivel de significancia designado para esta prueba es de $\alpha = 0.05$. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 5.4.

	Difference	t-Test	DF	Prob> t
Estimate	0.65681	3.303	54	0.0017
Std Error	0.19886			
Lower 95%	0.25812			
Upper 95%	1.05551			

Assuming equal variances

Tabla 5.4.- Resultados de la prueba “t” para igualdad de medias.

El valor p de esta prueba según la tabla 5.4 resulta ser menor al valor $\alpha = 0.05$ (p-valor = 0.0017), por lo cual se rechaza la hipótesis nula. Se concluye entonces que la media del grupo de control es menor que la media del grupo de experimentación.

En términos del tema de la presente investigación, el rechazo de la hipótesis nula significa que la aplicación de modelos simulados como complemento del método de casos, mejoran el aprendizaje del alumno comparado con la aplicación tradicional del método del caso. Por lo tanto; la hipótesis planteada al inicio de este trabajo es aprobada.

5.1.2.- Comparación de los resultados según la taxonomía de Bloom.

Analizando el resultado promedio de las preguntas concentradas según la taxonomía de Bloom para cada alumno en ambos grupos; se puede observar con mayor detalle cuales fueron las categorías que resultaron mejoradas por el uso del simulador. Las calificaciones para cada categoría según el grupo se muestran en las tablas 5.5 y 5.6 (la categoría “aplicación” se excluye del análisis por no estar contenida dentro del instrumento de evaluación).

Las comparaciones entre el grupo de control y el de experimentación para cada categoría serán comparaciones de igualdad de medias; para ello se parte del supuesto de normalidad; ya que los datos como se comprobó anteriormente provienen de una población con distribución normal. Para el supuesto de igualdad de varianzas no se puede aplicar la misma generalización; por lo que se deberá probar para cada categoría de aprendizaje.

5.1.2.1.- Evaluación.

La primera categoría a comparar es la de evaluación, y las hipótesis a probar son las siguientes;

Ho: La media poblacional del grupo de control es igual a la media poblacional del grupo de experimentación.

Ha: La media poblacional del grupo de control es menor a la media poblacional del grupo de experimentación.

Dato	Evaluación	Comprensión	Análisis	Síntesis	Conocimiento
1	4,00	3,50	1,00	2,75	2,00
2	1,00	2,50	1,00	2,75	1,00
3	4,00	1,50	1,50	2,25	2,33
4	3,00	4,00	1,50	2,75	1,33
5	4,00	2,50	1,50	2,25	2,33
6	5,00	4,00	4,50	4,25	4,00
7	5,00	3,00	1,50	2,50	1,33
8	1,00	1,50	1,00	1,75	1,00
9	4,00	2,50	3,50	4,00	4,33
10	5,00	2,50	4,00	4,75	4,00
11	5,00	3,50	3,00	2,75	2,00
12	2,00	4,00	2,00	2,75	3,33
13	2,00	5,00	2,50	4,00	1,00
14	3,00	1,00	1,00	1,00	3,33
15	5,00	2,00	1,00	1,00	1,00
16	3,00	1,50	1,50	1,00	1,00
17	4,00	2,50	1,00	1,75	1,33
18	1,00	4,00	3,50	3,50	3,00
19	1,00	4,50	2,00	1,75	3,67
20	2,00	1,00	1,50	1,00	1,33
21	3,00	1,50	1,00	2,00	1,00
22	4,00	2,00	1,00	1,75	3,33
23	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00

Tabla 5.5.- Resultados obtenidos por el instrumento de medición según cada categoría de la taxonomía de Bloom para el grupo de control.

Las hipótesis dentro del contexto estadístico quedarían como sigue;

Ho: $\sigma_1 | \sigma_2$

Ha: $\sigma_1 \{ \sigma_2$

Donde σ_1 representa la media del grupo de control y σ_2 la media del grupo de experimentación.

Según los datos mostrados en la tabla 5.7, no se puede trabajar bajo el supuesto de igualdad de varianzas; por lo cual se utiliza la prueba de Welch para probar las hipótesis propuestas por ser robusta ante el supuesto de igualdad de varianzas. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 5.7.

Con un valor $\alpha = 0.05$ no se rechaza la hipótesis nula debido a que el p-valor = 0.7118 es mayor al nivel de significancia propuesto. Por lo tanto no existe diferencia significativa entre el grupo de control y el de experimentación en el nivel de aprendizaje para la categoría de evaluación.

Dato	Evaluación	Comprensión	Análisis	Síntesis	Conocimiento
1	3,00	5,00	4,00	5,00	2,67
2	5,00	4,00	5,00	3,00	4,00
3	5,00	3,00	3,00	2,75	3,33
4	2,00	3,00	4,00	2,75	4,00
5	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
6	2,00	4,00	3,00	3,50	2,67
7	3,00	2,50	4,00	3,75	3,33
8	2,00	4,00	2,00	3,75	3,67
9	2,00	2,50	2,00	3,75	3,67
10	4,00	3,00	2,00	3,50	2,67
11	4,00	3,50	2,00	3,75	2,33
12	3,00	2,00	1,00	3,00	4,33
13	3,00	4,50	2,00	3,50	3,67
14	2,00	2,00	4,00	3,50	3,33
15	3,00	3,00	4,00	3,50	3,33
16	3,00	2,50	3,00	4,00	4,00
17	4,00	5,00	3,00	4,75	3,33
18	3,00	2,50	2,00	2,75	2,33
19	4,00	3,50	1,00	3,50	2,67
20	2,00	4,00	3,00	3,50	2,00
21	3,00	2,50	1,00	2,75	3,33
22	2,00	4,00	2,00	2,75	2,00
23	2,00	2,50	2,00	1,50	2,33
24	4,00	3,00	1,00	1,50	1,67
25	1,00	1,50	2,00	1,50	1,67
26	3,00	2,00	1,00	2,00	2,33
27	3,00	4,50	2,00	2,25	2,33
28	2,00	1,50	1,00	1,50	2,00
29	3,00	1,50	1,00	3,25	2,67
30	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00
31	4,00	5,00	2,00	4,75	3,67
32	3,00	2,50	2,00	2,75	3,00
33	4,00	4,50	5,00	3,25	2,33

Tabla 5.6.- Resultados obtenidos por el instrumento de medición según cada categoría de la taxonomía de Bloom para el grupo de experimentación.

5.1.2.2. Comprensión.

Para la categoría de comprensión la prueba queda como sigue;

H₀: La media poblacional del grupo de control es igual a la media poblacional del grupo de experimentación.

H_a: La media poblacional del grupo de control es menor a la media poblacional del grupo de experimentación.

Las hipótesis dentro del contexto estadístico se muestran como sigue;

Tests that the Variances are Equal				
Level	Count	Std Dev	MeanAbsDif to Mean	MeanAbsDif to Median
con	33	0,935414	0,666667	0,666667
sin	23	1,486434	1,266541	1,260870
Test	F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F
O'Brien[.5]	10,5092	1	54	0,0020
Brown-Forsythe	10,0285	1	54	0,0025
Levene	10,5150	1	54	0,0020
Bartlett	5,6087	1	?	0,0179
Welch Anova testing Means Equal, allowing Std's Not Equal				
F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F	
0,1388	1	34,038	0,7118	
t-Test				
0,3725				

Tabla 5.7.- Resultados de las pruebas de igualdad de varianzas y de igualdad de medias para la categoría “Evaluación”.

H₀: $\sigma_1 = \sigma_2$

H_a: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

Donde σ_1 representa la media del grupo de control y σ_2 la media del grupo de experimentación.

Según los resultados de la tabla 5.8 la igualdad de varianzas para esta categoría se cumple; por lo tanto la prueba para comparar la medias será una prueba “t” con nivel de significancia = 0.05. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 5.9.

De la tabla 5.9 se obtiene que el p-valor para la prueba de igualdad de medias de la categoría comprensión es de 0.0788; lo cual indica que no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto se concluye que no existe diferencia significativa entre el grupo de control y el de experimentación en la categoría de aprendizaje “comprensión”.

5.1.2.3. Análisis.

Para la categoría análisis las pruebas realizadas fueron las siguientes;

Ho: La media poblacional del grupo de control es igual a la media poblacional del grupo de experimentación.

Tests that the Variances are Equal					
Level	Count	Std Dev	MeanAbsDif to Mean	MeanAbsDif to Median	
con	33	1,052819	0,893480	0,8636364	
sin	23	1,210135	1,011342	0,9782609	
Test	F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F	
O'Brien[.5]	1,0540	1	54	0,3092	
Brown-Forsythe	0,4204	1	54	0,5195	
Levene	0,5706	1	54	0,4533	
Bartlett	0,5031	1	?	0,4781	
Welch Anova testing Means Equal , allowing Std's Not Equal					
F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F		
3,0517	1	43,09	0,0878		
t-Test					
1,7469					

Tabla 5.8.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “comprensión”.

t-Test				
	Difference	t-Test	DF	Prob> t
Estimate	0,54480	1,791	54	0,0788
Std Error	0,30411			
Lower 95%	-0,06491			
Upper 95%	1,15450			
Assuming equal variances				

Tabla 5.9.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “comprensión”.

Ha: La media poblacional del grupo de control es menor a la media poblacional del grupo de experimentación.

Las hipótesis dentro del contexto estadístico se muestran como sigue;

$$Ho: \sigma_1 | \sigma_2$$

$$Ha: \sigma_1 \{ \sigma_2$$

Donde σ_1 representa la media del grupo de control y σ_2 la media del grupo de experimentación.

Según los resultados de la tabla 5.10 la igualdad de varianzas para esta categoría se cumple; por lo tanto la prueba para comparar la medias será una prueba “t” con nivel de significancia = 0.05.

De la tabla 5.11 se obtiene que el p-valor para la prueba de igualdad de medias de la categoría análisis es de 0.0523; lo cual indica que no se rechaza la hipótesis nula al ser el nivel de significancia menor a este valor. Por lo tanto se concluye que no existe diferencia significativa entre el grupo de control y el de experimentación en la categoría de aprendizaje “análisis”.

Los alumnos que usaron el simulador mostraron tener igual capacidad de análisis que aquellos alumnos que no lo usaron.

Tests that the Variances are Equal					
Level	Count	Std Dev	MeanAbsDif to Mean		MeanAbsDif to Median
con	33	1,175830	0,9825528		0,9090909
sin	23	1,089385	0,8733459		0,7608696
Test	F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F	
O'Brien[.5]	0,1764	1	54	0,6761	
Brown-Forsythe	0,3954	1	54	0,5321	
Levene	0,4166	1	54	0,5213	
Bartlett	0,1476	1	?	0,7008	
Welch Anova testing Means Equal, allowing Std's Not Equal					
F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F		
4,0492	1	49,703	0,0496		
t-Test					
2,0123					

Tabla 5.10.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “análisis”.

t-Test				
	Difference	t-Test	DF	Prob> t
Estimate	0,61528	1,985	54	0,0523
Std Error	0,31004			
Lower 95%	-0,00630			
Upper 95%	1,23687			
Assuming equal variances				

Tabla 5.11.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “análisis”.

5.1.2.4. Síntesis.

Para la categoría síntesis las pruebas realizadas fueron las siguientes;

H₀: La media poblacional del grupo de control es igual a la media poblacional del grupo de experimentación.

H_a: La media poblacional del grupo de control es menor a la media poblacional del grupo de experimentación.

Las hipótesis dentro del contexto estadístico se muestran como sigue;

H₀: $\sigma_1 | \sigma_2$

H_a: $\sigma_1 \{ \sigma_2$

Donde σ_1 representa la media del grupo de control y σ_2 la media del grupo de experimentación.

Tests that the Variances are Equal					
Level	Count	Std Dev	MeanAbsDif to Mean	MeanAbsDif to Median	
con	33	0,895128	0,6854913	0,6818182	
sin	23	1,096054	0,8771267	0,8695652	
Test	F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F	
O'Brien[.5]	1,3080	1	54	0,2578	
Brown-Forsythe	1,2574	1	54	0,2671	
Levene	1,4246	1	54	0,2379	
Bartlett	1,0684	1	?	0,3013	
Welch Anova testing Means Equal, allowing Std's Not Equal					
F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F		
6,4937	1	41,102	0,0147		
t-Test					
2,5483					

Tabla 5.12.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “síntesis”.

Según los resultados de la tabla 5.12 la igualdad de varianzas para esta categoría se cumple; por lo tanto la prueba para comparar la medias será una prueba “t” con nivel de significancia = 0.05. Los resultados de esta prueba se muestran en la tabla 5.13.

t-Test				
	Difference	t-Test	DF	Prob> t
Estimate	0,70487	2,643	54	0,0107
Std Error	0,26673			
Lower 95%	0,17012			
Upper 95%	1,23963			
Assuming equal variances				

Tabla 5.13.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “síntesis”.

De la tabla 5.13 se obtiene que el p-valor para la prueba de igualdad de medias de la categoría síntesis es de 0.0107; lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula al ser el nivel de significancia mayor a este valor. Por lo tanto se concluye que existe diferencia significativa entre el grupo de control y el de experimentación en la categoría de aprendizaje “síntesis”.

Los alumnos que usaron el simulador mostraron tener mayor capacidad de síntesis que aquellos alumnos que no lo usaron.

5.1.2.5. Conocimiento.

Para la categoría conocimiento las pruebas realizadas fueron las siguientes;

Ho: La media poblacional del grupo de control es igual a la media poblacional del grupo de experimentación.

Ha: La media poblacional del grupo de control es menor a la media poblacional del grupo de experimentación.

Las hipótesis dentro del contexto estadístico se muestran como sigue;

Ho: $\sigma_1 = \sigma_2$

Ha: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

Donde σ_1 representa la media del grupo de control y σ_2 la media del grupo de experimentación. Según los datos mostrados en la tabla 5.14, no se puede trabajar bajo el supuesto de igualdad de varianzas; por lo cual se utiliza la prueba de Welch para probar las hipótesis propuestas por ser robusta ante el supuesto de igualdad de varianzas.

Tests that the Variances are Equal					
Level	Count	Std Dev	MeanAbsDif to Mean	MeanAbsDif to Median	
con	33	0,742789	0,642994	0,636061	
sin	23	1,184227	1,036862	1,014348	
Test	F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F	
O'Brien[.5]	12,5106	1	54	0,0008	
Brown-Forsythe	7,5321	1	54	0,0082	
Levene	11,1998	1	54	0,0015	
Bartlett	5,6881	1	?	0,0171	
Welch Anova testing Means Equal, allowing Std's Not Equal					
F Ratio	DF Num	DF Den	Prob>F		
6,7874	1	33,964	0,0135		
t-Test					
2,6053					

Tabla 5.14.- Resultados de la prueba de igualdad de varianzas para la categoría “conocimiento”.

De la tabla 5.14 se obtiene que el p-valor para la prueba de igualdad de medias de la categoría conocimiento es de 0.0135; lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula al ser el nivel de significancia mayor a este valor. Por lo tanto se concluye que existe diferencia significativa entre el grupo de control y el de experimentación en la categoría de aprendizaje “conocimiento”.

Los alumnos que usaron el simulador mostraron tener mayor conocimiento que aquellos alumnos que no lo usaron.

En resumen, los alumnos que se les aplicó el simulador junto con el método de casos tradicional, mostraron tener un mayor grado de aprendizaje en las categorías de síntesis y conocimiento. Además, por medio de la comparación global de las calificaciones obtenidas entre el grupo de control y el de experimentación; se corroboró la hipótesis propuesta en esta investigación y se concluye que la aplicación de modelos simulados basados en casos de sistemas de calidad como complemento del método de casos, mejoran el aprendizaje del alumno (ver tabla 5.15).

Categoría	P-valor	Conclusión	Interpretación
Evaluación*	0.7118	NR Ho	No hay diferencia entre medias.
Comprensión	0.0788	NR Ho	No hay diferencia entre medias.
Análisis	0.0523	NR Ho	No hay diferencia entre medias.
Síntesis	0.0107	R Ho	Hay diferencia entre medias.
Conocimiento*	0.0135	R Ho	Hay diferencia entre medias.
Global	0.0017	R Ho	Hay diferencia entre medias

*Prueba de Welch.

Tabla 5.15.- Resultados de las comparaciones entre las categorías de Bloom.

5.2.- Análisis para gerentes.

Una vez aplicado el instrumento de evaluación para gerentes, se procedió a revisar los datos con el fin de obtener conclusiones con respecto a la hipótesis de investigación. Para ello se siguieron estos pasos;

- Aplicar el instrumento.
- Obtener las calificaciones para cada encuesta.

- Calcular el intervalo de confianza para el grupo.
- Calcular los intervalos para cada categoría.
- Obtener conclusiones.

Los primeros dos pasos fueron realizados durante la aplicación del método del caso y el simulador, por lo que se prosigue a calcular los intervalos de confianza.

5.2.1.- Intervalos de confianza.

El intervalo de confianza que puede calcularse en el caso de cualquier valor estadístico es de importancia considerable, ya que expresa la confiabilidad de la estimación de un parámetro; cuanto más angosto sea el intervalo, tanto más precisa será la observación (Kennedy, 1996).

Para el caso del presente estudio se tomó un intervalo de confianza del 95%, el cual se calculó de la siguiente manera:

Pérez (2001), expresa que dado que se tiene una población normal (ver tabla 5.16) y no se conoce la ω de la población, se aplica un intervalo de confianza basado en la prueba “t” de Student. La formula de esta prueba se muestra en seguida;

$$\bar{X} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad \text{donde: } \bar{X} = \text{media muestral}$$

S = Desviación estándar muestral
N = Tamaño de la muestra

La prueba arrojó los siguientes resultados;

Para el grupo en general: 2.0413 \bar{X} 2.7364

Entonces, se puede decir con un 95% de confiabilidad, que el valor estimado del parámetro está entre 2.0413 y 2.7364.

La utilidad de este intervalo radica en que el valor de 2.7364 será el valor máximo considerado para decir que un participante cualquiera obtuvo un aprendizaje aceptable; por lo que si un participante tiene una calificación menor a dicho valor, será considerado como un participante que adquirió aprendizaje.

Los intervalos igualmente calculados para el análisis y síntesis son los siguientes;

Para análisis: 1.8314 \bar{X} 2.5685, valor crítico: 2.5685.

Para síntesis: 2.2221 \bar{X} 3.0027, valor crítico: 3.0027.

Para estos dos últimos intervalos se seguirá la misma metodología planteada anteriormente para el análisis de las calificaciones.

Con respecto a la prueba de normalidad de los datos, se tiene que una muestra sigue una distribución normal si su valor p es mayor al valor alfa dado. Se denomina valor p o p -valor, al nivel de significancia real de un valor alfa más pequeño que haga que la muestra observada indique que se debe rechazar la hipótesis nula (H_0) (Pérez, 2001). En la tabla 5.16 se muestra el tipo de distribución que sigue la muestra bajo estudio.

Se tienen las siguientes hipótesis;

H_0 : Los datos provienen de una población normal.

H_a : Los datos no provienen de una población normal.

Test for Normality	
Shapiro-Wilk W Test	
W	Prob<W
0,842413	0,0817

Tabla 5.16. Prueba de normalidad

Considerando un valor $\alpha = 0.05$ no se rechaza la hipótesis nula, ya que el valor p es mayor que el valor alfa dado. Lo anterior significa que los datos de la muestra siguen una distribución normal.

5.2.2. Clasificación.

Con el intervalo de confianza calculado se procedió a clasificar las calificaciones obtenidas por cada participante; tanto de forma global como desglosadas según las categorías de Bloom. La clasificación global de las calificaciones se muestra en la tabla 5.17.

Participante	Calf. Global	Valor crítico	Adquirió Aprendizaje
1	2,8889	2,7364	No
2	2,0000	2,7364	Si
3	2,5556	2,7364	Si
4	2,0000	2,7364	Si
5	3,0000	2,7364	No
6	2,5556	2,7364	Si
7	2,0000	2,7364	Si
8	2,1111	2,7364	Si

Tabla 5.17. Clasificación global de las calificaciones.

Resumiendo la información anterior se tiene (ver tabla 5.18);

Participantes	Total	%
Adquirieron aprendizaje	6	75
No adquirieron aprendizaje	2	25

Tabla 5.18 Porcentaje de participantes que adquirieron aprendizaje.

Se puede concluir que un 75% de los participantes obtuvieron aprendizaje mediante el uso del simulador junto con el método de casos.

Para las categorías de análisis y síntesis se siguió el mismo procedimiento de clasificación, obteniéndose los siguientes resultados (ver tabla 5.19).

Categoría	Participante	Calf. Global	Valor crítico	Adquirió Aprendizaje
Análisis	1	2,4000	2,5685	Si
	2	1,8000	2,5685	Si
	3	2,4000	2,5685	Si
	4	1,6000	2,5685	Si
	5	3,0000	2,5685	No
	6	2,4000	2,5685	Si
	7	2,0000	2,5685	Si
	8	2,0000	2,5685	Si
Síntesis	1	3,5000	3,0027	No
	2	2,2500	3,0027	Si
	3	2,7500	3,0027	Si
	4	2,5000	3,0027	Si
	5	3,0000	3,0027	Si
	6	2,7500	3,0027	Si
	7	2,0000	3,0027	Si
	8	2,2500	3,0027	Si

Tabla 5.19. Clasificación por categoría de las calificaciones.

Resumiendo la tabla anterior se tiene (ver tabla 5.20);

Categoría	Participantes	Total	%
Análisis	Adquirieron aprendizaje	7	87,5
	No adquirieron aprendizaje	1	12,5
Síntesis	Adquirieron aprendizaje	7	87,5
	No adquirieron aprendizaje	1	12,5

Tabla 5.20. Porcentaje de participantes que obtuvieron aprendizaje por categorías de Bloom.

Se concluye entonces que un 87.5% de los participantes obtuvo aprendizaje en la categoría de análisis, así como en la categoría de síntesis mediante la aplicación del simulador y el método de casos; lo que nos lleva a afirmar que el uso de estas técnicas son altamente efectivas para el entrenamiento de gerentes en el sostenimiento de sistemas de calidad.

6.- Conclusiones e investigaciones futuras.

Las conclusiones se dividen de acuerdo a cada área de estudio tratada en el presente trabajo;

De acuerdo a la hipótesis;

Según el análisis de los resultados de los exámenes aplicados tanto al grupo de control como al grupo de experimentación; se puede concluir que existen diferencias significativas en el aprendizaje entre los alumnos que usaron el simulador y los alumnos a los cuales solo se les aplicó el método del caso tradicional. El grupo con simulador mostró una mayor comprensión de la dinámica que daba origen a la problemática del caso, lo que se tradujo en respuestas más completas y precisas en el cuestionario de evaluación.

Por su parte, el grupo sin simulador no logró en promedio identificar los aspectos necesarios para el sostenimiento de un programa de círculos de calidad, y la importancia de los mandos medios como factor clave para la implantación del QIP fue resaltada pobremente.

Pocos fueron los alumnos que sin usar el simulador predijeron una disminución en el crecimiento de los QIT; sin embargo a pesar de predecir correctamente la tendencia, fueron incapaces de dar una razón válida para dicho comportamiento. Por otro lado, el grupo con simulador identificó la tendencia de crecimiento con mayor facilidad y explicó de manera más certera el porque de la disminución.

En lo referente a los nuevos retos que la empresa presenta, se encontraron respuestas muy variadas tanto en el grupo de control como en el grupo de experimentación; sin embargo el grupo con simulador se enfocó en los mandos medios como área de oportunidad a atacar, mientras los alumnos sin simulador expreso respuestas demasiado divergentes en este aspecto.

De igual manera, los cambios propuestos en las fases de programa de calidad de FPL, tuvieron que ver mucho en la integración inicial de los mandos medios en el proceso de los QIT para el grupo de experimentación; mientras que el grupo sin simulador sugirió con mayor frecuencia la formación de un departamento de calidad que diera seguimiento al programa. Lo que indica la falta de percepción por parte de los alumnos sin simulador, de la importancia de los mandos medios en el proceso del programa de calidad.

Lo anterior indica que el método del caso aplicado tradicionalmente sirve para generar en forma grupal un sin número de hipótesis y supuestos los cuales posiblemente den solución a la problemática planteada; sin embargo se observa que hace falta una integración de ideas por medio de un diagrama causal y resaltar la interacción de estos supuestos e hipótesis con ayuda de la simulación.

El uso de simuladores junto con el método del caso además de complementar el aprendizaje, hace más interesante el proceso de enseñanza logrando que el alumno se involucre en mayor grado con la problemática del caso, lo que resulta en una mayor

comprensión y entendimiento de los procesos de toma de decisiones, y en la adquisición de habilidades necesarias para un desarrollo profesional exitoso.

De acuerdo al método del caso;

El método del caso como medio de enseñanza es muy efectivo; ya que propicia la participación activa de los alumnos en el proceso de aprendizaje; sin embargo se requiere de una amplia experiencia y conocimiento del tema por parte del facilitador para encausar la discusión a los objetivos de aprendizaje que se hayan propuesto. Este encauzamiento no es fácil; pues la discusión puede salirse de control en cualquier momento y no generar los resultados deseados.

Por otro lado, los alumnos poco familiarizados con este método pueden encontrarlo frustrante; ya que no existen respuestas correctas; solo supuestos y el facilitador no hace ningún tipo de juicio sobre la validez de los comentarios que cada alumno realiza, simplemente se limita a dirigir la discusión hacia los objetivos de aprendizaje, de manera que los alumnos vayan construyendo grupalmente su propio conocimiento.

No obstante; el método funciona muy bien para la generación de habilidades en la toma de decisiones y la adquisición de un pensamiento sistémico; especialmente en el área de calidad. Estas habilidades pueden ser originadas en parte, a través de la aplicación tradicional del método del caso.

De acuerdo al uso de simuladores como herramienta de aprendizaje;

El uso de simuladores para acelerar el proceso de aprendizaje es muy efectivo; sin embargo es necesario saber aplicarlo, ya que de lo contrario puede generar rechazo por parte de los alumnos. Uno de los puntos a considerar para aplicar simuladores es determinar si el usuario podrá modificar el modelo de manera que pueda experimentar no solo con las variables de entrada, sino con la estructura del sistema simulado y obtener así mayor entendimiento de la dinámica que se pretende enseñar; de ser así se requiere una amplia explicación sobre el funcionamiento del simulador y de la forma en que fue construido antes de que los alumnos lo usen.

Por otro lado, si el simulador solo permite el manejo de ciertas variables de entrada sin posibilidad de modificación en su estructura; con la inclusión de instrucciones sencillas que indiquen el funcionamiento de cada variable y una breve introducción al mismo bastará para que los alumnos estén capacitados para su uso.

El simulador desarrollado para esta investigación fue pensado para no permitir la modificación estructural del sistema simulado; sin embargo esta se puede hacer debido a la naturaleza del programa de simulación que se usó para modelar el caso de estudio.

Una de las desventajas de no permitir modificación en la estructura del simulador es que se obtiene un conocimiento menos profundo al no permitir que los alumnos se involucren por completo en la dinámica del sistema; es como aprender a manejar un automóvil sin conocer exactamente el funcionamiento mecánico de éste; se aprende las reacciones del

automóvil al mover los diferentes pedales y medios de control; sin embargo el por qué de estas reacciones queda en completa oscuridad para el conductor y, cualquier falla que este fuera de los límites de las variables de entrada que se conocen (volante, pedales, palanca, etc) no se entenderá y mucho menos se podrá reparar.

Cabe mencionar que el proceso de modelación y diseño de un modelo, es la forma más efectiva de obtener aprendizaje sobre el funcionamiento de un sistema; pues se deben conocer a fondo las variables manejadas en el modelo, para poder establecer relaciones válidas y coherentes. Volviendo al caso del automóvil, el diseñador del mismo sabe más que el mecánico que lo repara no solo por el hecho de tener diferente preparación académica; sino por obtener con mayor precisión a través de la experiencia, el conocimiento de las estructuras de retroalimentación que aplican a la mecánica de los automóviles.

No obstante el uso del simulador desarrollado como complemento del caso de Florida Power & Light mostró ser efectivo para acelerar el aprendizaje en el sostenimiento de programas de círculos de calidad.

De acuerdo a Calidad Total;

Dentro del contexto de la Administración por Calidad Total (ACT), se puede concluir que por medio de la simulación se logra comprender con mayor profundidad los aspectos significativos a considerar en la implantación y sostenimiento de círculos de calidad así como la interacción de estos aspectos.

Existe literatura que mencionan diversos aspectos a considerar para el éxito de un programa de círculo de calidad [Flores, 1997], sin embargo aunque el autor de dicha literatura comprende su importancia, es difícil transmitir por medios escritos su relevancia así como la forma en que se relacionan unos con otros; por lo que, para aprender completamente como funcionan estos aspectos y la manera de administrarlos es necesario vivir la experiencia de la implantación y sostenimiento de un programa de calidad.

Sin embargo; el uso del simulador permitió experimentar de manera parcial y limitada, más con mayor profundidad que una simple lectura; factores significativos que de acuerdo a expertos en el tema, no se pueden dejar a un lado en la implantación y sostenimiento de programas de círculos de calidad y; se logró que los alumnos comprendieran la importancia de los mismos y explicaran la relación entre estos factores con base en el aprendizaje adquirido mediante el método del caso y la simulación. Por lo que se concluye que el aprendizaje en temas de calidad total puede ser efectivamente apoyado con el uso de simuladores.

Aunque la Administración por Directrices es levemente tocada con el uso del simulador; sus puntos básicos son tomados en cuenta, al considerar que el usuario funge como director general de la empresa y debe de encontrar la manera de traducir sus objetivos estratégicos a los mandos medios ajustando las variables que se le presentan; además el usuario sirve como el lazo que cierra el sistema al evaluar el desarrollo de los QIT y realizar nuevas

acciones correctivas , tal cual se hace en una evaluación presidencial dentro del proceso del Hoshin Kanri.

De acuerdo su uso para el entrenamiento de gerentes;

La aplicación del método del caso junto con el simulador para el entrenamiento de gerentes en el sostenimiento de sistemas de calidad, resultó ser efectiva; ya que se logró incrementar el aprendizaje en las áreas de análisis y síntesis significativamente. Esto permitió a los participantes obtener una visión más amplia del sistema en el cual se encuentran inmersos y por consecuencia, entender a su organización.

Cabe resaltar que los participantes encontraron interesante y entretenido el uso del simulador; pues les permitió ver la consecuencia de sus acciones en un lapso muy corto de tiempo, además que les ayudó a reflexionar sobre la conveniencia de algunas decisiones que habían tomado en su trabajo con respecto al sistema de calidad. Esto último les pareció muy enriquecedor comentando que es de su conveniencia seguir practicando con el simulador.

No obstante, para algunos de los participantes, la dinámica duró poco tiempo y esperaban que el simulador reflejara las condiciones de su propia empresa más que las condiciones de la compañía del caso. Aun así, las puntuaciones obtenidas mediante el instrumento de evaluación fueron favorables para la presente investigación.

Trabajos Futuros

Al iniciar el presente trabajo de investigación se planteó la posibilidad de generar un simulador en base a un caso de alguna empresa mexicana; más para realizar esta propuesta es necesario en primera; contar con una empresa que este dispuesta a proporcionar la suficiente información para la generación de un caso; en segunda, tener los conocimientos y habilidades para redactar un caso de forma profesional y válida; y en tercera, tener los recursos y el tiempo suficiente para redactar el caso y desarrollar el simulador. El investigador carece de estos tres puntos por lo cual se limitó a tomar un caso ya redactado y desarrollar el simulador en base a la información que por diversos medios pudo recolectar. Por lo tanto el desarrollo de un caso propio (mexicano) queda como un trabajo futuro a desarrollar.

El desarrollo de un simulador que permita la modificación su estructura de manera clara y sencilla, es un proyecto más que se deja como posible tema de investigación. Esto requiere de bastante conocimiento en el tema a tratar así como tiempo y recursos para realizarlo; sin embargo su desarrollo sería muy útil para la transmisión de conocimiento.

Un aspecto a considerar en las dos propuestas antes mencionadas es poner mucha atención en la interfase que se le presente al usuario para el manejo del simulador; ya que por limitantes de tiempo, no se le dio la importancia debida al simulador desarrollado en esta investigación, lo que causó algunos contratiempos y ciertas recomendaciones y sugerencias por parte de los usuarios. Actualmente existe mucha literatura que se enfoca

exclusivamente en la interfase hombre-máquina que puede resultar de bastante ayuda en el momento del diseño de cualquier simulador [Gröler, 2000].

Por último, se recomienda aplicar el caso a simular de forma tradicional antes del construir el simulador con el fin de obtener más información (variables de entrada) que sirva para el desarrollo modelo y obtener así, un simulador más completo

7.- Referencias.

- ∄ Ackoff Russell L. (1995) Planificación de la empresa del futuro. EN: Editorial Limusa, 9ª reimpresión, México.
- Akao, Yoji, (1990) Hoshin Kanri, Policy Deployment for Successful TQM. EN: Productivity Press, Estados Unidos.
- ∄ Anne Hoag, Dale J. Brickley, Joanne M. Cawley (2001) Media Management Education and the Case Method. EN: Journalims & Mass Communication Educator.
- Aracil Santoja, Javier, (1983) Introducción a la dinámica de sistemas EN: Alianza Editorial, España.
- ∄ Balding Cathy, (2002) A model for middle manager – led quality improvement in health care. EN: Centre for Management Quality Research, www.cmqr.rmit.edu.au/publications/cbicit02.pdf.
- ∄ Bloom Benjamin S. (1975) Taxonomía de los objetivos de la educación: La clasificación de las metas educacionales, Manuales I y II. EN: El Ateneo (Editores) 5a. ed. Argentina.
- ∄ Chen Mark T ,(2002) Applying the high performance work team to EPC. EN: AACE International Transactions; Morgantown.
- ∄ Christensen C Roland (1991). Premises and Practices of Discussion Teaching. EN: Christensen C Roland, Garvin, David A y Sweet, Ann (Editores). Education for judgment: the artistry of discussion leadership. EUA: Harvard Business School Press. Pp 15-34.
- Cochin, Ira. Plass, Harold J. (1990) Analysis and design of dynamics systems. EN: Haper & Row (Editores) United States of America.
- ∄ Evans James R., Lindsay William.(2001) Administración y Control de la Calidad. EN: International Thomson Edotores, 4ª edición. México.
- ∄ Felton. Edward L. Jr. (2000) Teaching by the Case Method. EN: Taller Multiplicador del Método de Casos, Manual de Lecturas. ITESM.
- ∄ Field Joy M., (2001) Beyond Design: Implementing Effective Production Work Teams. EN: Quality Management Journal, Vol 8, Issue 2. EU April 2001.
- ∄ Flores Juárez José Benito, (1997) Metodología para implementar círculos de calidad en organizaciones industriales. EN: Tesis, ITESM , Mty. N.L. México.
- Forrester Jay W. (1971) Principles of Systems EN: Productivity Press, Portland Oregon. E.U.

- ∄ Garvin, David A. (1991). Barriers and Gateways to Learning. EN: Christensen C Roland, Garvin, David A y Sweet, Ann (Editores). Education for judgment: the artistry of discussion leadership. EUA: Harvard Business School Press. Pp 3-13.
- Gracia Mendivil, Blanca I, (1997) Modelo de Simulación de Estrategias EN: Tesis, ITESM, Mty, N.L. México.
- ∄ Graham Alan K., Morecroft John D. W., Senge Peter M , and Sterman John D.(1994). Model-supported case studies for management education. EN: Morecroft John D. W y Sterman Jonh D (Editores). Modeling for Learning Organization. EUA: System Dynamics Series, Productivity Press Portland Oregon. pp 219-245.
- Grö ler Andreas, Maier Frank H., Milling Meter M., (2000) Enhancing learning capabilities by providing transparency in business simulators EN: Simulation & Gaming, Vol 31, No2; pp 257-278.
- ∄ Harvard Business School (1990) Florida Power & Light's Quality Improvement Program EN: Harvard Business School Publishing, Boston, EU. August 1990.
- ∄ Hayes, B. (1998). Measuring customer satisfaction: Survey desing, use and statistical analysis methods (2a. ed.). EU: Mc Graw Hill.
- ∄ Hernández Acosta Danilo Karlo (2000) Modelo genérico de calidad en el servicio en áreas internas de una organización; desarrollo de un análisis basado en modelación dinámica. EN: Tesis, ITESM, Mty, N.L., México.
- ∄ Hernández, R., Fernández C. y Baptista P. (2002). Metodología de la investigación (3a ed.). México: Mc Graw Hill.
- ∄ IEIQC, (2001)The 18th International Exposition of Innovation and Quality Circles. EN:
[http://domino_app.npc.org.my/publications.nsf/d1007ba0cb73799f48256afd001f0aa6/9BE4C117DD29AFBB48256B4900119762/\\$file/yazid2.PDF](http://domino_app.npc.org.my/publications.nsf/d1007ba0cb73799f48256afd001f0aa6/9BE4C117DD29AFBB48256B4900119762/$file/yazid2.PDF) , Singapore.
- ITESM (2002) Materiales de apoyo para el diseño de exámenes integradores del sistema ITESM. EN: División de Graduados e Investigación, ITESM, Mty, N.L. México, Verano 2002.
- ITESM, (1995) *Administración por Directrices*. EN: División de Graduados e Investigación, ITESM, Mty, N.L. México.
- ∄ Kasuga Hermelinda, (1991) Círculos de Calidad” Colegio de Graduados en Alta Dirección. EN: Editorial Grad, 4ª ed. México.
- Katzan Harry, Jr. (1989) Quality circle management the human side of quality EN: Blue Ridge Summit, PA: Tab Professional and Reference Books, 1er Ed.
- Kennedy, J. B. y Neville, A. M. (1996). Estadística para ciencias e ingeniería EN: (2a. Ed.). México: Editorial Harla, pp. 154.

- ∄ Lawler III Edwar E., Mohrman Susan A.(1985), Quality Circles after the fad. EN: Harvad Business Review, January-February, EU.
- ∄ Pérez, C. (2001). Técnicas estadísticas con SPSS. EN: Ediciones Prentice Hall. España.
- Senge, Peter M. (1999) La quinta disciplina: Como impulsar el aprendizaje en la organización inteligente EN: Ediciones Granica (editores), 7ª edición, Barcelona, España.
- Stepich, Donald A; Ertmer, Peggy A; Lane, Molly M (2001) Problem-solving in a case-based course: Strategies for facilitating coached expertise EN: *Educational Technology, Research and Development, Volume 49, Issue 3, pp 53-59*; Washington.
- ∄ Sterman Jhon D. (1993) A Skeptic´s guide to Computer Model. EN: John Wiley and Sons (Editores). System Dynamics Review . EUA: System Dynamics Review.
- ∄ Sterman John D. (1994) Learning in and about complex system. EN: John Wiley and Sons (Editores). System Dynamics Review . EUA: System Dynamics Review Vol. 10, nos. 2-3.
- ∄ Sterman, John D.(2000) Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world EN: Boston : Irwin/McGraw-Hill.
- System Dynamics Society pamphlet, (1995) What is System Dynamics? EN: <http://world.std.com/~awolpert/gtr52.html> , System Dynamic Society pamphlet. E.U.
- Turban, Efrain, (1995) Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems, EN: Prentice Hall (Editores) E.U.
- Wilson, Brian. (1993) Sistemas: conceptos, metodología y aplicaciones EN: Grupo Noriega Editores, México.

Anexo1.

PLAN DE PIZARRÓN PARA EL CASO Florida Power & Light

Rafael E. Bourguet, Francisco Rojas.

A continuación se presenta el plan de pizarrón planeado para la sesión con el personal de la CFE en marzo de 2003.

Rotafolio es el recurso disponible para la sesión. Así entonces, el plan de pizarrón será presentado de acuerdo al contenido en 7 hojas de rotafolio.

Preguntas disparadoras:

- 1) ¿Qué haría usted si fuera John Hudiburg en FP&L en 1987 de acuerdo a los retos que el caso menciona?
- 2) ¿Cuál es el rol de los mandos medios en el QIP cuando se conforman los QITs por primera vez y cuando se ajusta el QIP?

Rotafolio I. Quien toma las decisiones y contexto (5 minutos).

(Quién) John Hudiburg.
(Puesto) Presidente del consejo y Director ejecutivo de la compañía.
(Cuándo) 1987, regreso de año nuevo.
(Por qué) Se considera a FP&L la mejor empresa en el sector eléctrico.
"In FP&L we have a model that is so successful that transferability should'nt be a problem." John Hudiburg, página 1 del caso.

Rotafolio II. El reto, problema u oportunidad (5 minutos).

- 1.- Transferibilidad del programa de calidad.
- 2.- ¿Cuánto más FP&L podría mejorar?.
- 3.- ¿Qué tan sostenible es el QIP?.

Rotafolio III. Análisis de datos (10 minutos).

- 1.- Problemática de FP&L 10 años atrás (listar).
- 2.- Tamaño de la empresa de acuerdo a número de clientes y ventas anuales.
- 3.- El QIP considera:
 - (a) Respeto por la gente.
 - (b) Satisfacción del cliente.
 - (c) Administración por hechos
 - (d) PDCA+COCO (Claridad en la definición de problemas + Objetividad al considerar ideas).
- 4.- Los componentes del QIP son:
 - (a) QIT (1981).
 - (b) Despliegue de directrices (1984).
 - (c) Calidad en el trabajo diario (1986).

Rotafolio IV. Enfoque en el problema con los QITs (15 minutos).

<p>Número de QITs 1981 - 10 1982 - 100 1983 - 300 1984 - 600 1985 - 1200 1986 - 1400</p>	<p>Aquí va la Figura de los datos de Número de QITs vs tiempo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ∅ Rol de los mandos medios en este proceso. ∅ ¿Por qué no se toman en cuenta a los mandos medios la primera vez? ∅ ¿Cuáles son las responsabilidades de los mandos medios ante la aparición del programa de calidad? ∅ Grado de complejidad - Motivación ∅ Políticas de participación de mandos medios. ∅ Capacitación mandos medios - QITs ∅ Realimentación y reconocimientos.
--	---	---

Rotafolio V. Diseño (10 minutos).

<ul style="list-style-type: none"> ∅ Alternativas para el sostenimiento de los QIT's trabajando con los mandos medios. ∅ Criterios de valor para evaluar alternativas. ∅ Selección de alternativa u opción con base en análisis de consecuencias.
--

Rotafolio VI. Generación de plan de acción (10 minutos).

<p>Con respecto al sostenimiento de QITs e involucramiento de los mandos medios, se propone el Plan de Acción siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- 2.- ... 5.-

Rotafolio VII. Reflexión Personal y lecciones del caso (5 minutos).

<ul style="list-style-type: none"> ∅ Se listan las lecciones relevantes para los participantes percibidas en el caso. ∅ Se da la indicación para que escriban un plan de acción para CFE en su propia hoja.

Anexo 2.

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN PARA ALUMNOS

CASO:

Florida Power & Light

El siguiente cuestionario pretende evaluar el grado de conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación practicados en el caso.

INSTRUCCIONES: Responde a las siguientes preguntas de manera breve y concisa. Anexa tus hojas de respuestas a la hoja de preguntas.

1. Menciona algunos criterios para evaluar desempeño de equipos de mejora (QIT - Quality Improvement Teams).
2. ¿Es factible inferir que el número de QITs continuará creciendo al ritmo mostrado en 1986?
3. ¿Cuál es la estructura en diagramas causales que genera el cambio en el número de QITs?
4. ¿Cuáles son los principales componentes para que un QIT funcione exitosamente?
5. ¿Hay algún cambio en las relaciones entre Mandos Medios-Operadores cuando se implementa el programa de mejora?
6. ¿Crees que los Mandos Medios (MM) se deben involucrar desde el inicio con la formación de QITs? ¿Porqué?
7. ¿Qué conclusión derivas con respecto a la función de los mandos medios en este caso? Algunas veces se les identifica como “cuellos de botella” en el proceso de mejora.
8. ¿Cuáles serían tus primeros tres pasos con los Mandos Medios si iniciaras un programa de mejora en una empresa?
9. Identifica y representa en diagrama causales la estructura que hizo posible la transformación de FP&L en una empresa exitosa.
10. ¿Qué harías si fueras John Hudiburg con respecto a los nuevos retos que mencionan?
11. ¿Cuáles crees tu que serían las mejoras o modificaciones necesarias a las fases del caso para transferir el programa de calidad a otras empresas?
12. ¿De qué manera McDonal y Hudiburg motivaron la participación de los mandos medios en el programa de calidad?

Anexo 3.

Definición de las categorías de Bloom.

[Bloom, 1975, pág 162 – 167]

Conocimiento.- Significa la capacidad de recordar hechos específicos y universales, métodos y procesos, o un esquema, estructura o marco de referencia. A los efectos de su medición, la capacidad de recordar no implica mucho más que hacer presente el material apropiado en el momento preciso. Los objetivos de conocimiento subrayan sobre todo los procesos psicológicos de evocación. También interviene el proceso de interrelacionar materiales, pues en una situación de examen de conocimientos el problema deberá ser organizado y reorganizado, hasta que ofrezca las señales claves que evoquen la información y el conocimiento que el individuo posee.

Comprensión.- Representa el nivel más bajo de “comprensión”. Se trata de un tipo tal de comprensión o aprehensión por el cual el individuo sabe qué se le está comunicando y hace uso de los materiales o ideas que se le transmiten (traduciendo, interpretando o extrapolando), sin tener que relacionarlos necesariamente con otros materiales o percibir la totalidad de sus implicaciones.

Aplicación.- Es el uso de abstracciones en situaciones particulares y concretas. Pueden presentarse en forma de ideas generales, reglas de procedimientos o métodos generalizados y pueden ser también principios, ideas y teorías que deben recordarse de memoria y aplicarse.

- La aplicación a los fenómenos presentados en una disertación científica de los términos o conceptos usados en otras.
- La habilidad para predecir el efecto probable del cambio de un factor sobre una situación biológica previamente equilibrada.

Análisis.- Es el fraccionamiento de una comunicación en sus elementos constitutivos, de tal modo, que aparezca claramente la jerarquía relativa de las ideas y se exprese explícitamente la relación existente entre éstas. Este análisis intenta clarificar la comunicación, indicar cómo está organizada y la forma en que logra comunicar sus efectos, así como sus fundamentos y ordenación.

Síntesis.- Es la reunión de los elementos y las partes para formar un todo. Implica los procesos de trabajar con elementos aislados, partes, piezas, etcétera, ordenándolos y combinándolos de tal manera que constituyan un esquema o estructura que antes no estaban presentes de manera clara.

Evaluación.- Se trata de formular juicios sobre el valor de materiales y métodos de acuerdo con determinados propósitos. Incluye los juicios cuantitativos y cualitativos con respecto de la medida en que los materiales o los métodos satisfacen determinados criterios. Los criterios pueden ser aquellos que el estudiante haya determinado o los que le son sugeridos.

Anexo 4.

Unidades del Simulador.

Variable	Unidades
Número de QIT	Equipos
Equipos potenciales	Equipos
Max QIT	Equipos
Enrolamiento	Equipos/tiempo
Erosión	Equipos/tiempo
Factor erosión	Tiempo
Motivación	Unidades de motivación (UM)
Impacto de MM en enrolamiento	Equipos/equipo/UM
Factor enrolamiento 1	Equipos
Factor enrolamiento 2	Tiempo
Grado de complejidad de problemas	Unidades de Conocimientos y habilidades (UCH)
Espacio para crecer	UCH
Límite real para grado de complejidad	UCH
Límite máximo para grado de complejidad	UCH
	UDH/UF
Alcance de proyectos	Unidades de facultamiento (UF)
Probabilidad de éxito percibido	UM/UCH
Competencia entre QIT	UM's/UM
Reconocimiento	Unidades de reconocimiento (UR)
Factor de motivación	UM/UR
Desempeño	Proyectos realizados/tiempo
Factor desempeño	Proyectos realizados/tiempo/UM
Razón de problemas resueltos	Problemas resueltos/tiempo
Factor razón de problemas resueltos	Problemas resueltos/proyectos realizados
Aplicación de conocimientos y habilidades	UCH/tiempo
Fracción de aplicación de cono y habil.	UCH/problemas resueltos
Factor aplicación de cono y habil.	UCH
Impacto de MM en complejidad	UCH
Factor límite de complejidad 1	UCH's/UCH
Factor límite de complejidad 2	UCH
Calidad de la participación de MM como facilitadores (CMMF)	Unidades de Interés-Responsabilidad (UI-R)
Erosión CMMF	UI-R/tiempo
Aumentando CMMF	UI-R/tiempo
Compromiso de MM con QIP	Unidades de compromiso (UCo)
Factor CMMF 1	Interés-responsabilidad
Factor CMMF 2	UCo
Factor CMMF 3	UCH
Factor CMMF 4	Unidades de responsabilidad (UR) / %UCo
Factor CMMF 5	Unidades de interés(UI) / %UCH / tiempo
Calidad de los proyectos	Unidades de calidad (UCa)
Creando calidad de proyectos	UCa/tiempo

Factor creando calidad de proyectos 1	dinero
Factor creando calidad de proyectos 2	UCa
Factor creando calidad de proyectos 3	UCa
Factor creando calidad de proyectos 4	UCa/dinero
Factor creando calidad de proyectos 5	tiempo
Proyectos de TT	dinero/proyecto
Asignación de recursos	dinero
Participación de MM en TT	Proyectos/tiempo
Factor participación de MM en TT	Proyectos/UCH
Capacitación de MM en técnicas y herramientas para TT (CMMTT)	UCH
Factor CMMTT 1	Dinero
Factor CMMTT 1	UCH/dinero
Política de participación	% Proyectos/tiempo
Entrenamiento de facilitadores	dinero
Entrenamiento de MM como facilitadores (EMMF)	UCH
Factor EMMF 1	Dinero
Factor EMMF 2	UCH/dinero
Recursos disponibles	Dinero
Fracción de asignación	Dinero/dinero
Ventas	Dinero
Ganancias	Dinero/tiempo
Factor ganancias	Tiempo
Utilidades	Dinero
Gasto en recursos	Dinero/tiempo
Factor gasto en recursos 1	Dinero/UCH
Factor gasto en recursos 2	Tiempo
Gastos operativos	Dinero/tiempo
Factor gastos operativos	1/tiempo
Costos operativos	Dinero
Factor costos operativos 1	Dinero
Factor costos operativos 2	Dinero
Factor costos operativos 3	Dinero
Impacto en costos operativos	Dinero
Productividad	Dinero/tiempo
Factor productividad	Dinero/proyecto/UCH

Anexo 5.

Ecuaciones del Simulador.

Sector 1

$\text{Grado_de_complejidad_de_problemas}(t) = \text{Grado_de_complejidad_de_problemas}(t - dt) + (\text{Aplicación_de_conocimientos_y_habilidades} - \text{erosión_de_capacidad}) * dt$
INIT $\text{Grado_de_complejidad_de_problemas} = 1$

INFLOWS:

$\text{Aplicación_de_conocimientos_y_habilidades} = \text{Razón_de_problemas_resueltos} * \text{Capacitación_de_QIT} / 100 * \text{fraccion}$

OUTFLOWS:

$\text{erosión_de_capacidad} = \text{Grado_de_complejidad_de_problemas} / 15$
 $\text{Numero_de_QIT}(t) = \text{Numero_de_QIT}(t - dt) + (\text{Enrolamiento} - \text{Erosion}) * dt$
INIT $\text{Numero_de_QIT} = 10$

INFLOWS:

$\text{Enrolamiento} = (\text{Impacto_de_MM_en_enrolamiento} * (\text{Numero_de_QIT} + 1) / 2000 * \text{Equipos_potenciales} * \text{Motivación_de_QIT}) / 1$

OUTFLOWS:

$\text{Erosion} = \text{Numero_de_QIT} / 2$
 $\text{Alcance_de_proyectos} = 1$
 $\text{Capacitación_de_QIT} = 50$
 $\text{Desempeño} = \text{delay}(\text{Motivación_de_QIT}, 1) * 1$
 $\text{Equipos_potenciales} = \text{Max_QIT} - \text{Numero_de_QIT}$
 $\text{Espacio_para_crecer} = \text{Límite_para_grado_de_complejidad_de_problemas_Real} - \text{delay}(\text{Grado_de_complejidad_de_problemas}, 1.5)$
 $\text{fraccion} = 0.2$
 $\text{Limite_maximo_para_grado_de_complejidad_de_problemas_} = 30 + (\text{Alcance_de_proyectos} - 1) * 70 / 3$
 $\text{Límite_para_grado_de_complejidad_de_problemas_Real} = (\text{Limite_maximo_para_grado_de_complejidad_de_problemas_} - \text{Impacto_MM_en_complejidad}) * (0.5 + \text{Capacitación_de_QIT} / 100)$
 $\text{Max_QIT} = 2000$
 $\text{Motivación_de_QIT} = \text{SMTH1}(\text{Espacio_para_crecer}, 2) * \text{Competencia_entre_QIT} * \text{Reconocimiento_de_QIT} * \text{Prob_Exito_percibido} / 10000 * 2$
 $\text{Numero_de_Quejas} = 100 - \text{Razón_de_problemas_resueltos}$
 $\text{Razón_de_problemas_resueltos} = \text{Desempeño} * 1$
 $\text{Reconocimiento_de_QIT} = 50$
 $\text{Competencia_entre_QIT} = \text{GRAPH}(\text{Numero_de_QIT})$
(0.00, 1.00), (9.57, 90.0), (19.1, 92.5), (28.7, 93.4), (38.3, 93.9), (47.8, 94.7), (57.4, 95.4), (67.0, 96.0), (76.6, 96.9), (86.1, 98.1), (95.7, 100), (105, 100), (115, 100), (124, 100), (134, 100), (144, 100), (153, 100), (163, 100), (172, 100), (182, 100), (191, 100), (201, 100),

(211, 100), (220, 100), (230, 100), (239, 100), (249, 100), (258, 100), (268, 100), (278, 100), (287, 100), (297, 100), (306, 100), (316, 100), (325, 100), (335, 100), (344, 100), (354, 100), (364, 100), (373, 100), (383, 100), (392, 100), (402, 100), (411, 100), (421, 100), (431, 100), (440, 100), (450, 100), (459, 100), (469, 100), (478, 100), (488, 100), (498, 100), (507, 100), (517, 100), (526, 100), (536, 100), (545, 100), (555, 100), (565, 100), (574, 100), (584, 100), (593, 100), (603, 100), (612, 100), (622, 100), (632, 100), (641, 100), (651, 100), (660, 100), (670, 100), (679, 100), (689, 100), (699, 100), (708, 100), (718, 100), (727, 100), (737, 100), (746, 100), (756, 100), (766, 100), (775, 100), (785, 100), (794, 100), (804, 100), (813, 100), (823, 100), (833, 100), (842, 100), (852, 100), (861, 100), (871, 100), (880, 100), (890, 100), (900, 100), (909, 100), (919, 100), (928, 100), (938, 100), (947, 100), (957, 100), (967, 100), (976, 100), (986, 100), (995, 100), (1005, 100), (1014, 100), (1024, 100), (1033, 100), (1043, 100), (1053, 100), (1062, 100), (1072, 100), (1081, 100), (1091, 100), (1100, 100), (1110, 100), (1120, 100), (1129, 100), (1139, 100), (1148, 100), (1158, 100), (1167, 100), (1177, 100), (1187, 100), (1196, 100), (1206, 100), (1215, 100), (1225, 100), (1234, 100), (1244, 100), (1254, 100), (1263, 100), (1273, 100), (1282, 100), (1292, 100), (1301, 100), (1311, 100), (1321, 100), (1330, 100), (1340, 100), (1349, 100), (1359, 100), (1368, 100), (1378, 100), (1388, 100), (1397, 100), (1407, 100), (1416, 100), (1426, 100), (1435, 100), (1445, 100), (1455, 100), (1464, 100), (1474, 100), (1483, 100), (1493, 100), (1502, 100), (1512, 100), (1522, 100), (1531, 100), (1541, 100), (1550, 100), (1560, 100), (1569, 100), (1579, 100), (1589, 100), (1598, 100), (1608, 100), (1617, 100), (1627, 100), (1636, 100), (1646, 100), (1656, 100), (1665, 100), (1675, 100), (1684, 100), (1694, 100), (1703, 100), (1713, 100), (1722, 100), (1732, 100), (1742, 100), (1751, 100), (1761, 100), (1770, 100), (1780, 100), (1789, 100), (1799, 100), (1809, 100), (1818, 100), (1828, 100), (1837, 100), (1847, 100), (1856, 100), (1866, 100), (1876, 100), (1885, 100), (1895, 100), (1904, 100), (1914, 100), (1923, 100), (1933, 100), (1943, 100), (1952, 100), (1962, 100), (1971, 100), (1981, 100), (1990, 100), (2000, 100)

Impacto_de_MM_en__enrolameinto =

GRAPH(Calidad_de_participación_MM_como_facilitadores)

(0.00, 0.00), (10.0, 0.0033), (20.0, 0.0088), (30.0, 0.016), (40.0, 0.0253), (50.0, 0.0369), (60.0, 0.0561), (70.0, 0.0754), (80.0, 0.0946), (90.0, 0.104), (100, 0.109)

Impacto_MM_en_complejidad =

GRAPH(Calidad_de_participación_MM_como_facilitadores)

(0.00, 1.98), (10.0, 1.97), (20.0, 1.96), (30.0, 1.92), (40.0, 1.86), (50.0, 1.77), (60.0, 1.68), (70.0, 1.59), (80.0, 1.54), (90.0, 1.51), (100, 1.50)

Prob_Exito_percibido =

GRAPH(Limite_maximo_para_grado_de_complejidad__de_problemas_-

Grado_de_complejidad_de_problemas)

(0.00, 0.985), (3.45, 0.985), (6.90, 0.985), (10.3, 0.985), (13.8, 0.985), (17.2, 0.985), (20.7, 0.985), (24.1, 0.985), (27.6, 0.985), (31.0, 0.11), (34.5, 0.035), (37.9, 0.03), (41.4, 0.02), (44.8, 0.015), (48.3, 0.005), (51.7, 0.005), (55.2, 0.005), (58.6, 0.005), (62.1, 0.005), (65.5, 0.00), (69.0, 0.00), (72.4, 0.00), (75.9, 0.00), (79.3, 0.00), (82.8, 0.00), (86.2, 0.00), (89.7, 0.00), (93.1, 0.00), (96.6, 0.00), (100, 0.00)

QIT_Real = GRAPH(time)

(1981, 10.0), (1982, 100), (1983, 300), (1984, 600), (1985, 1200), (1986, 1400)

Sector 2

$Calidad_de_los_proyectos(t) = Calidad_de_los_proyectos(t - dt) +$
 $(participación_de_MM_en_TT) * dt$
INIT $Calidad_de_los_proyectos = 1$

INFLOWS:

$participación_de_MM_en_TT =$
 $(Proyectos_de_TT * asignación_de_recursos_para_MM / 100) * delay(Politica_de_participacion_de_MM, 1) * Capacitación_de_MM_en_técnicas_y_herrtas_para_grupos_de_mejora * (100 -$
 $Calidad_de_los_proyectos) / 1000 - Calidad_de_los_proyectos / 1.5$
 $Calidad_de_participación_MM_como_facilitadores(t) =$
 $Calidad_de_participación_MM_como_facilitadores(t - dt) + (aumentando_calidad -$
 $erosion_calidad) * dt$
INIT $Calidad_de_participación_MM_como_facilitadores = 1$

INFLOWS:

$aumentando_calidad = (100 -$
 $Calidad_de_participación_MM_como_facilitadores) * (Compromiso_de_MM_con_QIP / 100)$
 $*(entrenamiento_de_MM_como_facilitadores / 100) * 1 * 1$

OUTFLOWS:

$erosion_calidad = Calidad_de_participación_MM_como_facilitadores / 1.5$
 $Compromiso_de_MM_con_QIP(t) = Compromiso_de_MM_con_QIP(t - dt) +$
 $(creando_compromiso - erosion_compromiso_MM) * dt$
INIT $Compromiso_de_MM_con_QIP = 1$

INFLOWS:

$creando_compromiso =$
 $Calidad_de_los_proyectos * Retroalimentación_y_reconocimiento_de_MM * (100 -$
 $Compromiso_de_MM_con_QIP) / 100$

OUTFLOWS:

$erosion_compromiso_MM = Compromiso_de_MM_con_QIP / 1.5$
 $Utilidades(t) = Utilidades(t - dt) + (ganancia - gasto_en_recursos - gastos_operativos) * dt$
INIT $Utilidades = 1000$

INFLOWS:

$ganancia = ventas / 1$

OUTFLOWS:

$gasto_en_recursos =$
 $(asignación_de_recursos_para_MM + Capacitación_de_QIT) / Periodicidad$
 $gastos_operativos = delay(costos_operativos * Factor, 5)$
 $asignación_de_recursos_para_MM = fracción_de_asignación * recursos_dsiponibles$
 $Capacitación_de_MM_en_técnicas_y_herrtas_para_grupos_de_mejora =$
 $asignación_de_recursos_para_MM * Capacitación_para_trabajo_en_TT / 100$
 $Capacitación_para_trabajo_en_TT = 20$

$\text{costos_operativos} = 100 * (100 + \text{Impacto_en_costos_operativos}) / 100$
 $\text{Entrenamiento_de_facilitadores} = 30$
 $\text{entrenamiento_de_MM_como_facilitadores} =$
 $\text{asignación_de_recursos_para_MM} * \text{Entrenamiento_de_facilitadores} / 100$
 $\text{Factor} = 0.85$
 $\text{Periodicidad} = 2$
 $\text{Politica_de_participacion_de_MM} = 50$
 $\text{productividad} = \text{Desempeño} * \text{Grado_de_complejidad_de_problemas} / 900 * 100$
 $\text{Proyectos_de_TT} = 20$
 $\text{recursos_dsiponibles} = \text{Utilidades} * 0.1$
 $\text{Retroalimentación_y_reconocimiento_de_MM} = 50$
 $\text{ventas} = 190$
 $\text{fracción_de_asignación} = \text{GRAPH}(\text{Capacitación_de_QIT})$
 $(0.00, 1.00), (10.0, 0.975), (20.0, 0.92), (30.0, 0.87), (40.0, 0.81), (50.0, 0.74), (60.0, 0.66),$
 $(70.0, 0.575), (80.0, 0.48), (90.0, 0.295), (100, 0.00)$
 $\text{Impacto_en_costos_operativos} = \text{GRAPH}(\text{productividad})$
 $(0.00, 100), (10.0, 97.5), (20.0, 91.5), (30.0, 85.0), (40.0, 77.0), (50.0, 70.0), (60.0, 59.5),$
 $(70.0, 48.5), (80.0, 37.5), (90.0, 21.5), (100, 0.00)$