

**Dinámica de sistemas como apoyo a la toma de decisiones frente a un posible
escenario de crisis económica en una empresa colombiana**

Felipe Venegas Quiñones

**Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería
Departamento: Industrial
Bogotá, Colombia. 2009**

**Dinámica de sistemas como apoyo a la toma de decisiones frente a un posible
escenario de crisis económica en una empresa colombiana**

Felipe Venegas Quiñones
Asesor: Camilo Olaya Nieto Ph.D.

Jurados: Eduardo Aldana Ph.D.
Carlos M. Castro

Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería
Departamento: Industrial
Bogotá, Colombia. 2009

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar este espacio para darles los debidos créditos a todos aquellos que a lo largo de mi pregrado y de mi posgrado estuvieron apoyándome y alentándome en los momentos en que más lo necesite.

Aunque suene clásico, quisiera darle gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de hacer mi carrera profesional y mi maestría en la Universidad de Los Andes. Soy consciente que ello conlleva muchas responsabilidades principalmente en un país tan grandioso como es Colombia, el cual brinda oportunidades increíbles pero también con grandes necesidades y sobre las cuales no podemos ser indiferentes.

A mi mamá quien siempre me apoyó en mis decisiones y ha sido y siempre lo será el pilar de todos mis triunfos. A mi papá el cual siempre me ha inculcado educación y sentido de pertenencia por las cosas. A mis hermanos, cuyo ejemplo me ha servido para exigirme cada vez más y proponerme metas cada vez más altas, superando todos los obstáculos que se presenten.

En el ámbito académico le agradezco a todo el equipo de Dinámica de Sistemas, que durante mi asistencia graduada me ayudaron a comprender mejor la responsabilidad que uno adquiere al compartir conocimiento. A mi amigo Fabio Díaz por sus constantes reflexiones que me ayudan a mejorar mis debilidades (sin olvidar los comentarios políticos).

En cuanto a mi novia Ángela no sé si algún día podré compensarle todo lo que ha tenido que pasar a mi lado durante estos casi 4 años, pero estoy seguro que lo intentaré siempre. A mis amigos del colegio, quienes siempre me apoyaron y ayudaron hasta el final (Dieguito García, Juan Pablo, Julio, Andrés C, Charlie, entre otros).

A mi asesor, amigo y maestro, Camilo Olaya, a quien acudí a lo largo de mi carrera cuando siempre me sentía desubicado y afanado pero después de hablar con él salía igual, pero tranquilo. También al profesor Bob Eberlein, quien me colaboró técnicamente con Vensim.

Y aunque podría seguir durante muchas más hojas, quisiera agradecerle a todas las demás personas de la universidad que me apoyaron siempre y a todos aquellos que no nombro pero los tengo presentes siempre!.

Simplemente gracias y espero hacer lo mejor posible en lo que Dios me tenga preparado...

CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. MOTIVACIÓN DEL TRABAJO.....	12
2.1 Contextualización breve de la actual situación económica de Colombia.....	12
3. OBJETIVOS.....	15
3.1 Objetivos Generales.....	15
3.2 Objetivos particulares.....	15
4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA: PISEL TDA	16
4.1 Presentación de la empresa	16
4.2 Proyecciones a futuro de la empresa.....	17
4.3 Descripción del entorno y estructura de Pisel	17
4.3.1 Relación Pisel – Cliente.....	19
4.3.2 Relación Pisel - Proveedor.....	19
4.3.3 Relación Pisel - Mercado financiero	19
4.3.4 Relación Pisel - Mercado.....	20
4.3.5 Relación Pisel - Competencia.....	21
4.3.6 La relación al interior de la empresa	21
4.3.7 Síntesis general.....	25
5. METODOLOGÍA.....	28
5.1 Herramienta para el análisis de sistemas complejos.....	28
5.2 Modelos mentales: facilidades y limitaciones	29
5.3 Apoyo en la herramienta de simulación.....	29
5.4 Proceso metodológico.....	31
5.4.1 Articulación del problema	31
5.4.2 Formulación de hipótesis dinámica.....	31
5.4.3 Formulación de un modelo de simulación	32
5.4.4 Validación y verificación del modelo.....	33
5.4.5 Diseño de políticas y evaluación de éstas.....	33
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35

6.1	Articulación del problema y construcción del modelo conceptual	35
6.1.1	Racionalidad en la toma de decisiones.....	35
6.2	Formulación de la hipótesis dinámica	36
6.3	Formulación de un modelo de simulación.....	37
6.3.1	Explicación general y detalles técnicos.....	37
6.3.2	Modelo de la producción de pisos en madera macizos nacionales.....	40
6.3.3	Modelo de la importación e instalación de pistas automáticas para bolo.....	45
6.3.4	Modelo de la importación e instalación de superficies sintéticas.....	48
6.3.5	Supuestos y límites de los modelos.....	52
6.3.6	Obtención de los datos para el modelo.....	52
6.3.7	Síntesis de los modelos.....	53
6.4	Validación y verificación de los modelos.....	54
6.5	Diseño de políticas y evaluación de estas.....	55
6.5.1	Resultados de la situación actual.....	55
6.5.2	Políticas y escenarios analizados.....	58
6.5.3	Resultados y análisis de las políticas y escenarios propuestos.....	60
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
8.	FUTURAS INVESTIGACIONES.....	79
9.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	80
10.	ANEXOS.....	84
10.1	Cuadro de proyecciones de crecimiento económico mundial para 2008 y 2009.....	84
10.2	Evaluación instrumental.....	85
10.2.1	Consistencia dimensional.....	85
10.2.2	Miembro de familia.....	85
10.2.3	Reproducción del comportamiento.....	85
TOTAL DIAS	105.....	86
10.2.4	Robustez y condiciones extremas.....	86
10.3	Evaluación crítica a los sistemas heurísticos.....	88
10.3.1	Fuente de motivación.....	88
10.3.2	Fuente de poder.....	88
10.3.3	Fuente de experticia.....	88
10.3.4	Fuente de legitimidad.....	89
10.3.5	Valoración estructural.....	89
10.3.6	Nivel de agregación del modelo.....	89

10.4	Obtención de datos.....	90
10.5	Información de Pisel Ltda.	93
10.6	Recursos de personal en Pisel.....	94
10.7	Principales boleras instaladas con el número de líneas:.....	94
10.8	Principales clientes de Pisel Ltda.:	95
10.9	Ecuaciones de los modelos	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Indicador de inversión en obras civiles	13
Ilustración 2: Variación en las importaciones en millones de dólares CIF y porcentual por años.	13
Ilustración 3: Portafolio de productos de Pisel Ltda. Fuente: Autor.	16
Ilustración 4: Estructura general de una empresa	18
Ilustración 5: Ventas históricas de la empresa desde 2003.	20
Ilustración 6: Distribución de costos por clasificación en la instalación de una cancha de squash. Fuente: Pisel (Estrella, 2009)	23
Ilustración 7: Histórico de empleados en nómina mensual (2005-2009). Fuente: Pisel (Arrocha, 2009)	24
Ilustración 8: Histórico de empleados de planta en nómina semanal durante el 2009. Fuente: Pisel (González, 2010).....	24
Ilustración 9: Tamaño de cambio en la empresa con respecto al personal dado el horizonte de planeación. Fuente: Adaptación del Autor (Zülch, Rottinger, & Vollstedt, 2004).....	26
Ilustración 10: Ejemplo de polaridades entre variables. Fuente: Autor	32
Ilustración 11: Proceso de creación del modelo de simulación.....	33
Ilustración 12: Procedimiento para la asignación de personal a las distintas actividades. Fuente: Autor	35
Ilustración 13: Diagrama de Ciclos Causales (DCC). Fuente: Autor	36
Ilustración 14: Resumen sobre los productos ofrecidos y sus actividades más importantes. Fuente: Autor.....	37
Ilustración 15: Representación de la Ilustración 9 en un modelo de niveles y flujos. Fuente: Autor	39
Ilustración 16: Representación de la variable de desempeño en cada una de las actividades. Fuente: Autor.....	40
Ilustración 17: Sector de pedidos de madera al proveedor. Fuente: Autor	42
Ilustración 18: Sector– Adhesión de neopreno al durmiente de procesos en la planta de Pisel. Fuente: Autor.....	42
Ilustración 19: Sector de la instalación de durmientes sobre bases. Fuente: Autor	43
Ilustración 20: Sector de la Instalación de listón sobre los durmientes. Fuente: Autor	43
Ilustración 21: Sector de pulida, lacada y entrega al cliente del piso terminado. Fuente: Autor	43
Ilustración 22: Sector de asignación de empleados. Fuente: Autor	44
Ilustración 23: Sector de la importación y nacionalización de los equipos para bolo. Fuente: Autor	46
Ilustración 24: Sector para la instalación de equipos y sus respectivas pruebas	47
Ilustración 25: Sector de asignación de personal por etapas. Fuente: Autor.....	48
Ilustración 26: Sector de importación de pisos sintéticos. Fuente: Autor	50
Ilustración 27: Sector de instalación de pisos sintéticos. Fuente: Autor.....	50

Ilustración 28: Sector de demarcación y entrega de pisos. Fuente: Autor	51
Ilustración 29: Asignación de personal. Fuente: Autor	51
Ilustración 30: Resumen de utilidad de los modelos por producto. Fuente: Autor	53
Ilustración 31: Evaluación y crítica instrumental. Fuente: Autor	54
Ilustración 32: Resultados del modelo de pisos nacionales para la situación actual. Fuente: Autor	55
Ilustración 33. Asignación de empleados en actividades de pisos nacionales. Fuente: Autor	56
Ilustración 34: Asignación del personal en la instalación de una bolera. Fuente: Autor	56
Ilustración 35: Cantidad de trabajo disponible en cada actividad. Fuente: Autor	57
Ilustración 36: Cantidad de trabajo pendiente en cada una de las actividades de aplicación de pegante y extensión de capas de rollo. Fuente: Autor	58
Ilustración 37: Asignación de empleados dado el tiempo y estados de las actividades con el	58
Ilustración 38: Porcentaje de neopreno por instalar en durmiente dado los días transcurridos (Variación de 400m ² – 1200 m ² por orden). Fuente: Autor	61
Ilustración 39: Porcentaje de piso por lacar dado los días transcurridos (Variación de 400 m ² – 1200 m ² por orden): Fuente: Autor	61
Ilustración 40: Análisis de sensibilidad para el momento de entrega del piso al cliente	62
Ilustración 41: Duración de la actividad de instalación y nivelación de bases dado el tamaño de la orden. Fuente: Autor	62
Ilustración 42: Duración de la actividad de prueba de las pistas dado el tamaño de la orden. Fuente: Autor	62
Ilustración 43: Tiempo de entrega dada la variación en las pistas ordenadas. Fuente: Autor	63
Ilustración 44: Resultados del análisis de sensibilidad en el porcentaje	63
Ilustración 45: Resultados del análisis de sensibilidad sobre la fecha de entrega al cliente. Fuente: Autor	64
Ilustración 46. Etapas del producto de pisos nacionales dado el escenario de órdenes continuas. Fuente: Autor	65
Ilustración 47: Porcentaje de trabajo pendiente en las 4 primeras etapas de la instalación	65
Ilustración 48: Cantidad de trabajo disponible en cada una de las actividades. Fuente: Autor	66
Ilustración 49: Resultados escenario de órdenes constantes y gráfica de cantidad de trabajo acumulado en algunas etapas. Fuente: Autor	66
Ilustración 50: Día de entrega con variación en tiempo de entrega por parte de los proveedores en los pisos en madera maciza nacional. Fuente: Autor	67
Ilustración 51: Día de entrega con variación en tiempo de entrega por parte de los proveedores en la instalación de pistas automáticas para bolo. Fuente: Autor	68
Ilustración 52: Día de entrega con variación en tiempo de entrega por parte de los proveedores en los pisos importados. Fuente: Autor	69
Ilustración 53: Resultados optimización pisos nacionales. Fuente: Autor	70

Ilustración 54: Resultados optimización instalación para superficies sintéticas importadas. Fuente: Autor.....	71
Ilustración 55: Porcentaje pendiente de piso por lacar dado el tiempo transcurrido y la variación del personal disponible. Fuente: Autor	72
Ilustración 56: Comportamiento del personal asignado dada la variación en la cantidad de personal disponible. Fuente: Autor	73
Ilustración 57: Resultados de la cantidad de trabajo pendiente que hay en la actividad de adhesión de la tercera capa del pegante. Fuente: Autor	73
Ilustración 58: Relación de las políticas propuestas con los horizontes de planeación de la empresa. Fuente: Autor, modificación de la Ilustración 9.....	76
Ilustración 59: Diagrama de escenarios analizados de acuerdo a su horizonte de planeación. Fuente: Autor.....	77
Ilustración 60: Proyecciones de crecimiento económico por países. Fuente: (CAMACOL, 2008)	84
Ilustración 61. Comparación de las corridas del modelo con niveles de personal normal (6) y extremo (60). Fuente: Autor	87
Ilustración 62: Comportamiento de la cantidad de trabajo pendiente en cada actividad. Fuente: Autor.	90
Ilustración 63: Comportamiento den la asignación de empleados de acuerdo al orden de las actividades. Fuente: Autor	90
Ilustración 64: Localización Satelital de Pisel LTDA: Fuente: www.mapas.com.co	93
Ilustración 65: Principales clientes de Pisel Ltda.	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de relaciones de Pisel con el exterior y su interior. Fuente: Autor	25
Tabla 2: Resultados del tiempo en el cual se entrega el piso terminado al cliente dada la variación del personal. Fuente: Autor.....	73
Tabla 3: Resultados de los escenarios. Fuente: Autor	77
Tabla 4: Resultados de las políticas propuestas. Fuente: Autor	77
Tabla 5: Personal de Planta de Pisel para Producción e Instalación. Fuente: Autor a partir de archivos electrónicos de Pisel Ltda. (Pisel Ltda, 2009).....	94
Tabla 6: Boleras con equipos automáticos instaladas por Pisel. Fuente (Pisel, 2009).....	94

1. INTRODUCCIÓN

En el Inciso 2 se explica cómo dadas las condiciones económicas actuales bajo la cual se habla de un escenario de recesión económica (Sarmiento, 2008) (Gordillo, 2009) y donde pueden presentarse situaciones de gran interés para las empresas colombianas se vio la ocasión de trabajar en una empresa que cuenta con varias representaciones internacionales para la venta de diferentes productos y a su vez cuenta con la producción nacional de pisos en madera maciza para escenarios deportivos y culturales. Después de analizar las distintas actividades que tiene la empresa y ver cómo se ven afectadas por esta situación económica, se identificó una gran oportunidad de mejoramiento en el sector interno de la compañía en cuanto a la producción e instalación de los productos.

Los objetivos de esta investigación se explicarán en el Inciso 3. En otras palabras qué es lo que se busca y con qué finalidad. Es por esto que se plantea un objetivo general que engloba lo más complejo y unos objetivos particulares que pretenden cumplirse a lo largo de este trabajo.

En el Inciso 4 se hace una presentación de la empresa y de sus proyecciones futuras. A su vez se realiza una descripción del entorno que tiene actualmente y cómo se relaciona éste con la motivación expuesta en el Inciso 2. Es en este capítulo que se analiza en qué aspecto es más conveniente trabajar en relación con su entorno resultando finalmente el funcionamiento en el interior de la compañía. De este contexto se concreta que el factor de mayor interés es el recuso humano (los empleados). Para apoyar la investigación también se hizo una revisión literaria sobre la importancia de este componente en las compañía (Geerlings, Verbraeck, De Groot, & Damen, 2001) relacionándolo con las características actuales de la empresa

A lo largo del Inciso 5 se explica cuales son las características de los sistemas complejos y de los modelos mentales los cuales a su vez están relacionados con el direccionamiento de la empresa (se retoma en las conclusiones). De ahí se analiza por qué es una buena idea apoyarse en herramientas de simulación para analizar situaciones complejas y finalmente se introduce el proceso metodológico propuesto por Sterman (2001) desde la perspectiva de la Dinámica de Sistemas, en donde se busca la comprensión de los sistemas y sus estructuras de realimentación.

En el Inciso 6 se presentan todo el producto del desarrollo de la metodología. Se retoma la construcción de los modelos de simulación con base a la operación de cada uno de los productos teniendo en cuenta los límites que pueden tener esto y los supuestos bajo los cuales están construidos. Se plantean unas hipótesis dinámicas relacionadas con el comportamiento del sistema para lograr mejor comprensión sobre la estructura y la toma de decisiones. Se explica a su vez cómo fue necesario para el funcionamiento del modelo de simulación obtener fuentes de información representados por

datos numéricos, escritos y mentales (Forrester, 1980). Adicionalmente se implementa en el modelo los criterios que representan los procesos de toma de decisiones dentro de la compañía en cuanto al personal. El modelo se valida y verifica a través de varias herramientas y pruebas propuestas por Sterman (2001) y por Ulrich (2006), las cuales se encuentran detalladas en los Incisos 10.2 y 10.3.

Los resultados de los modelos de simulación se presentan el Inciso 6.5. Inicialmente se habla de la situación actual y de los resultados base de los modelos, y posteriormente se describe unos escenarios y políticas que podrían ser de interés para la compañía en este momento. Una vez justificada la necesidad de realizar estos análisis, se detallan los resultados obtenidos y se interpretan en relación con el indicador de cumplimiento mencionado en un Inciso anterior.

Las conclusiones y recomendaciones que se le hacen a la empresa están en el Inciso 7, en donde se retoma la discusión sobre la problemática al interior de la compañía, la motivación del trabajo y la relación con ésta situación actual y los resultados obtenidos de los escenarios y políticas. A partir de esto se realizan las recomendaciones que se consideran pertinentes a la empresa con respecto a su problemática y con respecto al enfoque y uso de la herramienta y del pensamiento de sistemas complejos.

Por último el Inciso 8 menciona las futuras investigaciones que pueden continuar a partir de esta investigación y otras que valdría la pena para la empresa iniciar en otros campos; el Inciso 9 muestra la revisión bibliográfica que se realizó y en el Inciso 10 están los anexos más relevantes que complementan el trabajo.

2. MOTIVACIÓN DEL TRABAJO

2.1 Contextualización breve de la actual situación económica de Colombia.

Con la situación económica de Colombia, en la que se vio durante los últimos años (2002-2008) un crecimiento anual bastante marcado y en la que actualmente se habla de una posible recesión para el año 2009 (Sarmiento, 2008) (Gordillo, 2009), se presenta una situación de gran interés para las empresas nacionales ya que podrían verse afectadas negativamente o positivamente en caso de anticipar y preparar esta situación.

Esta posible recesión ha sido consecuencia en parte por un fenómeno mundial el cual ha hecho que las proyecciones de crecimiento esperado del Producto Interno Bruto (PIB) de varios países importantes sean en su mayoría menores comparados con el real. Para el caso de Colombia, de acuerdo con la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) el PIB esperado para el año 2009 es de 3,5 el cual es mucho menor que el 7,7 real del año 2006 (CAMACOL, 2008) como se muestra en el Inciso 10.1. Esta situación de la posible recesión económica se ha venido reflejando en dos indicadores económicos importantes para el país como lo son la inversión destinada a construcción y la destinada a importaciones.

La inversión en construcción ha sido una de las variables que más ha contribuido al crecimiento económico de Colombia en los últimos años. En el último periodo (2002-inicio del 2008) el crecimiento nunca había sido tan grande, llegando al 13,2%. Este sector de la construcción es tan importante que su aporte para el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) del año 2007, fue de 13,3%, mientras que sectores como el comercio aportaron el 10,4%, la industria el 10,6% y el transporte el 12,5% (CAMACOL, 2008). Siendo más específicos para el indicador de la construcción, el comportamiento trimestral de la inversión en obras civiles¹ desde el año 2001 hasta el 2007 de acuerdo a los datos de la Dirección Administrativa Nacional de Estadística (DANE), se muestra a continuación en la Ilustración 1.

¹ Los datos graficados pertenecen a la categoría denominada "Otras obras de ingeniería", la cual es específica para estadios y otras instalaciones deportivas para el juego al aire libre (parques, etc.).

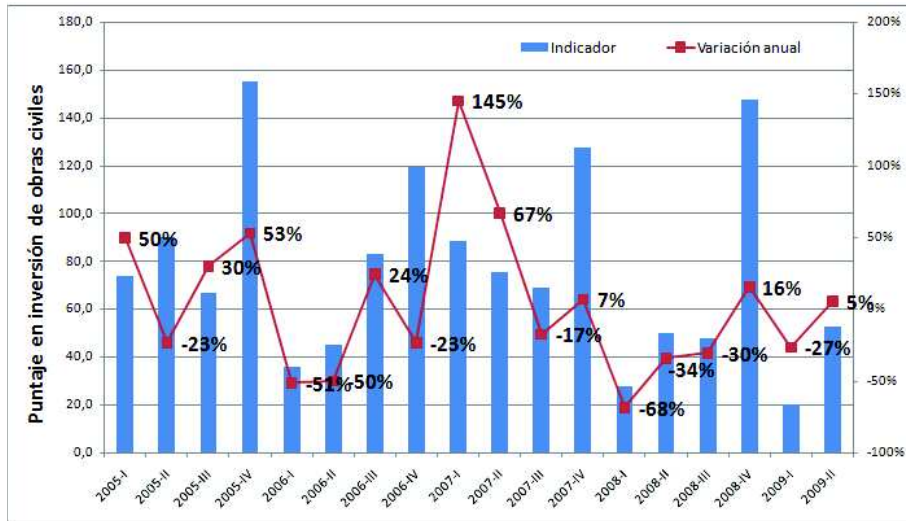


Ilustración 1: Indicador de inversión en obras civiles

FUENTE: Autor a partir de datos obtenidos por el DANE (2009)

Como se muestra en la Ilustración 1 el crecimiento del indicador de inversión en obras civiles fue bastante marcado pero a partir del año 2008 ya se empieza a ver que la variación anual de cada trimestre es negativa. Esto complementado con las predicciones económicas mencionadas podría hacer pensar que el indicador seguirá disminuyendo, lo cual indica que las empresas que tienen como negocio las importaciones probablemente se podrían ver perjudicadas.

En cuanto al indicador económico referente a las importaciones que se realizan desde países extranjeros hacia Colombia, el DANE calcula que hasta noviembre de 2009, la cifra reportada sobre la variación anual es la más baja en los últimos 20 años, llegando a ser de un decrecimiento del 32%. En la crisis del 99 la variación fue de -27% (Ver Ilustración 2)

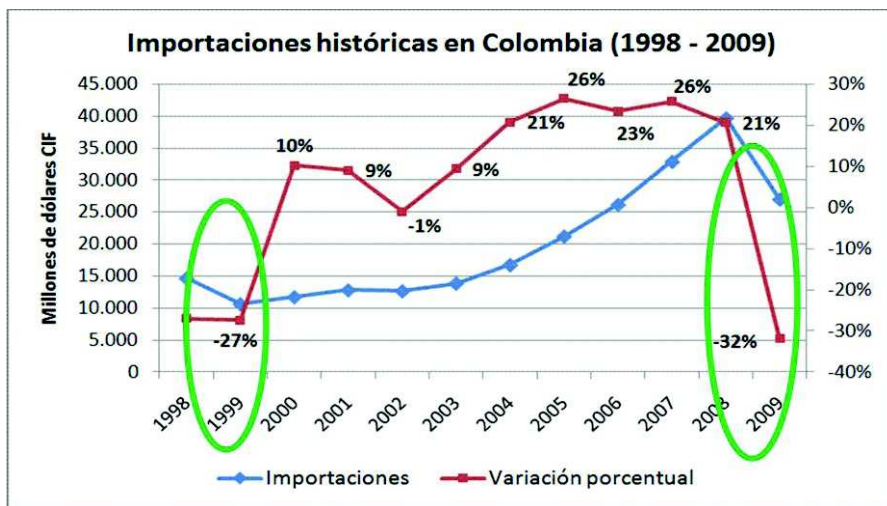


Ilustración 2: Variación en las importaciones en millones de dólares CIF y porcentual por años.

Fuente: Autor a partir de datos del DANE (2010)

Dado los anteriores indicadores es posible afirmar que para una empresa colombiana que trabaje con importaciones y que dependa del sector de la construcción esta situación es de interés y debe ser tomada en cuenta para sus planteamientos estratégicos futuros.

Es por esta situación que el presente estudio tiene como objetivo conceptualizar la situación actual y las proyecciones de crecimiento de una empresa colombiana contemplando cómo la reciente crisis económica puede afectarla principalmente desde sus procesos internos. Posteriormente se realizará la evaluación de algunas propuestas de mejoramiento teniendo en cuenta algunos escenarios relevantes que podrían suceder a causa de la reciente recesión económica. Para lograr esto será relevante explicar cómo funciona el sistema al interior de la compañía para que a través de un modelo de simulación que contenga todas las estructuras complejas de realimentación existentes en la empresa, se puedan realizar la evaluación pertinente de los distintos escenarios y políticas.

3. OBJETIVOS

A partir de la motivación expuesta anteriormente donde se presenta un escenario de interés para las empresas colombianas se plantean los siguientes objetivos que corresponden a la investigación realizada en una empresa colombiana. La descripción de la empresa y sus características que dieron razón para estos objetivos se encuentran en los capítulos posteriores a éste.

3.1 Objetivos Generales

Conceptualizar la situación actual de Pisel y su funcionamiento al interior teniendo presente un análisis sobre las políticas de asignación del personal, aspecto que puede hacer más competitiva a la empresa frente a la posible crisis económica de los próximos años. A su vez, presentar el funcionamiento de la compañía como un sistema dinámico y complejo el cual está constituido por estructuras causales que en agregado con un modelo de simulación computacional permitan hacer análisis sobre escenarios y políticas relevantes de interés para la compañía.

3.2 Objetivos particulares

Proponer el proceso de contratación y asignación de actividades con respecto a los empleados cómo un sistema dinámico y complejo a través de la perspectiva de la dinámica de sistemas.

Proponer un modelo conceptual sobre la actual situación en la empresa identificando estructuras de realimentación las cuales podrían explicar el comportamiento del sistema y la influencia de la toma de decisiones dentro de la compañía en la competitividad.

Formalizar los criterios de la toma de decisiones sobre los procesos de contratación y asignación del personal en un modelo de simulación para que permita analizar el comportamiento del sistema frente a posibles políticas y escenarios futuros que sean de interés para Pisel (más probable, menos probable).

Presentar con el apoyo de los modelos de simulación análisis y resultados de la situación actual, políticas y escenarios de interés que puedan orientar a las directivas en Pisel sobre los aspectos que más inciden en los procesos de contratación y asignación de personal.

4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA: PISEL TDA

4.1 Presentación de la empresa

Pisel Ltda. es una empresa colombiana fundada en el año 1988 y que después de 21 años en el mercado, se ha mantenido como una empresa líder en proveer las instalaciones para el deporte de bolo y las superficies para otras instalaciones deportivas como gimnasios, coliseos, canchas de squash y **racquet**. Actualmente la empresa tiene por un lado la representación exclusiva de compañías internacionales encargadas de la producción de pistas de bolos y de la producción de superficies sintéticas deportivas y por otro lado también ofrece servicios de instalación de pisos en madera nacionales. Porque sus ventas oscilan alrededor de los 600 millones de pesos anuales, la empresa se encuentra en la categoría de una empresa pequeña.

En la primera línea de negocio cuenta con la representación exclusiva para Colombia de las compañías internacionales QubicaAMF y Robbins Floors, siendo la primera la empresa más grande en el mundo en fabricación e instalación de canchas de bolo y la segunda, una empresa reconocida por sus superficies sintéticas deportivas con los mejores estándares de calidad y rendimiento.

En la segunda línea de negocio, se encuentra la producción de pisos deportivos nacionales, para la cual la empresa cuenta con todas las instalaciones pertinentes, desde la recepción de materias primas hasta su centro de negocio y ventas. Actualmente se fabrican e instalan pisos deportivos para coliseos, gimnasios, canchas de squash, canchas de **racquet**, teatros y auditorios.

En la Ilustración 3, se puede ver un diagrama acerca de cómo está estructurada la compañía en las líneas de negocio y cuáles son los productos que ofrece.

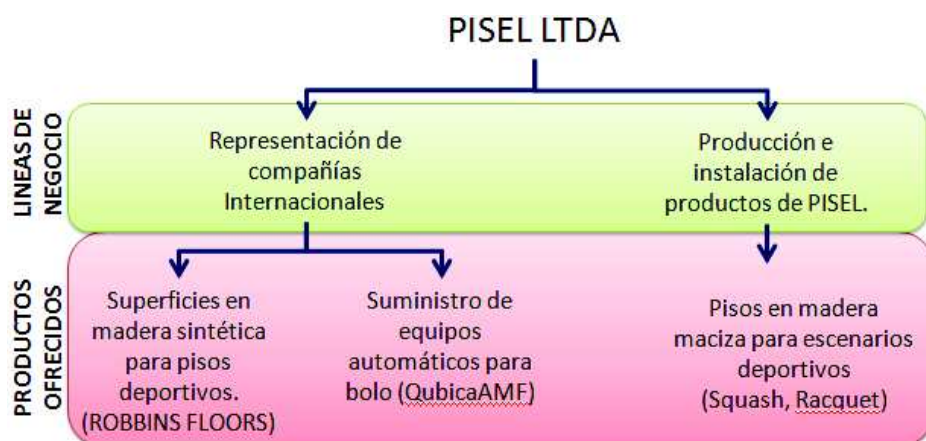


Ilustración 3: Portafolio de productos de Pisel Ltda. Fuente: Autor.

4.2 Proyecciones a futuro de la empresa

Actualmente la empresa se ha consolidado en el producto del suministro e instalación de boleras ya que cuenta con 21 años de trayectoria en Colombia. Sin embargo el suministro de superficies sintéticas es un producto nuevo que ofrece Pisel y hasta el momento no se ha realizado el primer negocio. En cuanto al producto de los pisos en madera maciza la empresa lleva la misma trayectoria que la de bolos y ya es reconocida en el mercado (Venegas, Introducción a Pisel, 2009).

Es por esto que la compañía tiene como proyección consolidar la línea de superficies sintéticas en el mercado participando en licitaciones públicas para la construcción de escenarios deportivos. Esto está relacionado con la situación económica ya que como se mostró en la Ilustración 1 y Ilustración 2 la inversión actual en obras civiles (las cuales incluyen escenarios deportivos) ha disminuido para el año 2009 por lo cual las licitaciones podrían disminuir el próximo año. Esta situación ha llevado a su vez a aumentar la competitividad de la empresa en el mercado no sólo a través del cumplimiento en los tiempos de los contratos sino a través de unos costos menores en los productos suplementarios.

4.3 Descripción del entorno y estructura de Pisel

Dada la motivación expuesta en el Inciso 2, en la que habla de un panorama bastante retador para las empresas colombianas, es importante entonces establecer en qué área de la compañía existen más oportunidades de mejoramiento para lograr que la empresa esté mejor preparada para esta nueva situación. Para poder hacer esto es importante analizar cada área de la compañía con los encargados para que se pueda identificar qué problemas existen y sobre cuáles se puede trabajar.

Para analizar todas las áreas principales de la compañía de manera general y completa, es conveniente analizar la compañía desde las diferentes relaciones que esta tiene:

Pisel – Cliente: explorar los campos que Pisel se relaciona directamente con los clientes como lo son: precio de productos, nivel de servicio, cumplimiento de los pedidos, entre otros.

Pisel – Proveedor: explora los campos en los que se relaciona con los proveedores que suministran las materias primas para la elaboración de los productos.

Pisel – Mercado financiero: explora cómo se encuentra la compañía en el mercado accionario.

Pisel – Mercado: explora cómo se encuentra Pisel en el mercado actual de cada uno de los productos ofrecidos. Se puede analizar a partir de algunos indicadores como lo pueden ser la participación en el mercado, el nivel de ventas, etc.

Pisel – Competencia: explora cómo se encuentra Pisel en comparación con las compañías que le hacen competencia para cada uno de los productos y servicios ofrecidos. También se podrían hacer análisis de benchmarking y comparación de precios.

Pisel – Pisel (internamente): explora la relación al interior de la compañía en sus procesos internos de producción, de costos, de desarrollo de nuevos productos. En niveles más detallados puede analizar los inventarios, el del personal, procesos de variación laboral y costos de operación.

Un esquema general de estos aspectos se expone en la Ilustración 4.

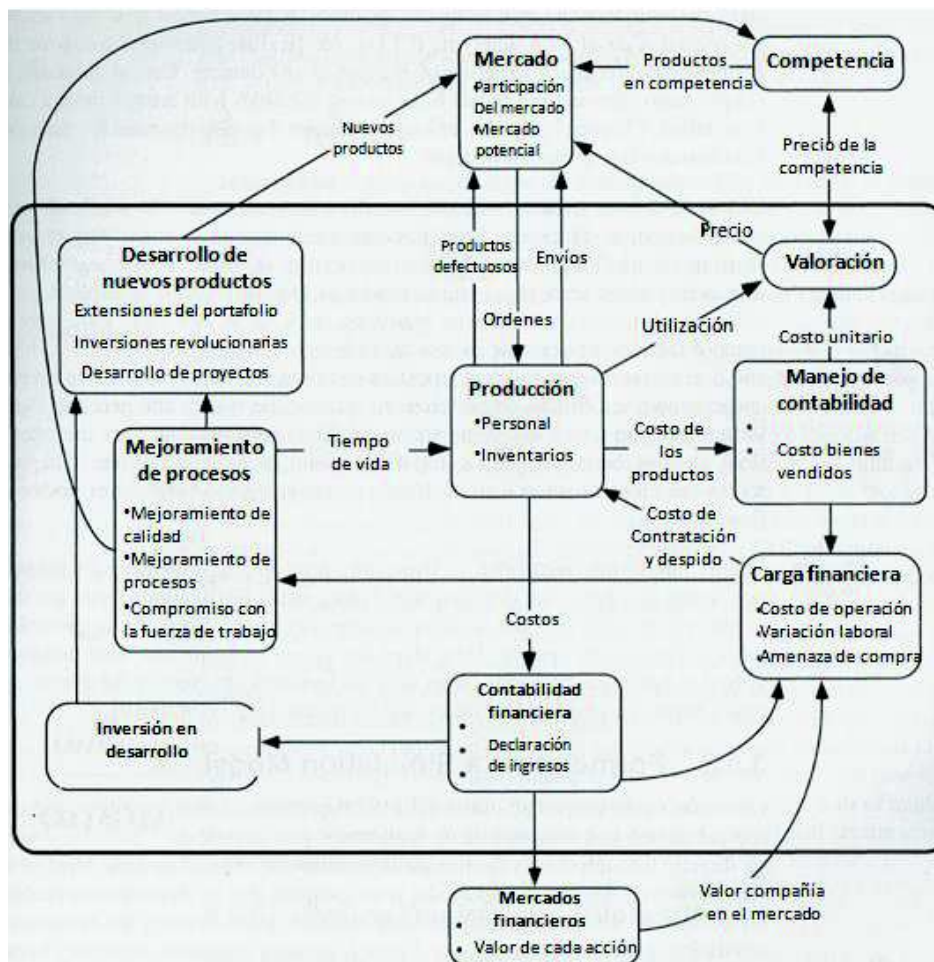


Ilustración 4: Estructura general de una empresa.

Fuente: Adaptación del Autor (Sterman, Repeningg, & Kofman, 43 (4))

4.3.1 Relación Pisel – Cliente

Actualmente los directivos de Pisel creen que se ha hecho una muy buena labor con los clientes a quienes se han mantenido satisfechos con el transcurso de los años. En recientes entrevistas realizadas con los directivos de dos de las más grandes cajas de compensación familiar (Iserte, Venegas Quiñones, & Venegas Leyva, 2009) (Iserte, Venegas Quiñones, & Venegas Leyva, 2009) se confirmó la buena imagen que tiene de la empresa y la cual califican de **“responsable y comprometida con el servicio ofrecido”**.

En cuanto al cumplimiento de los contratos, hasta el momento Pisel no ha fallado en la entrega de sus productos por retraso ocasionado por culpa de la compañía, lo cual le ha dado bastante seriedad en relación con los tiempos de entrega de los productos que se pactan en los contratos. Esto es bastante importante sobre todo en un medio en donde lo habitual es que en alguna etapa de la obra, al menos un contratista incumpla y genere retrasos (Quiñones Machler, 2009).

Y finalmente en cuanto a los productos y precios ofrecidos siempre se ha mantenido fidelidad con los precios de lista que tienen las fábricas en Estados Unidos (para el caso de los productos de bolos y superficies sintéticas). En el caso de los productos nacionales, Pisel ha mantenido una política de análisis del cliente y de su situación para tratar de ofrecer el producto que más se adapte a sus necesidades tanto técnicas como económicas.

4.3.2 Relación Pisel - Proveedor

En cuanto al suministro de los equipos automáticos para bolo su único proveedor directo es QubicaAmf, con el cual no se han tenido mayores inconvenientes durante los 21 años que ha tenido la representación en Colombia. En el producto de superficies deportivas importadas es una representación que hasta ahora comienza y no se han presentado inconvenientes. Finalmente, para el producto de pisos nacionales, se ha manejado entre dos y tres proveedores de madera maciza con lo cual siempre se ha minimizado cualquier riesgo de incumplimiento o falta de calidad. Es por esto que en la relación existente con los proveedores Pisel actualmente no encuentra problemas de importancia y considera que el nivel de confiabilidad que se tiene en éstos es muy alto (Venegas, Relación Pisel con proveedores, 2009).

4.3.3 Relación Pisel - Mercado financiero

Actualmente Pisel no participa de ninguna manera en el mercado accionario de la Bolsa de Valores de Colombia.

4.3.4 Relación Pisel - Mercado

Por su cumplimiento y compromiso con el cliente, Pisel Ltda. ha obtenido los mejores resultados trabajando con grandes constructoras a nivel nacional, con el gobierno y con los más prestigiosos clubes nacionales (Inciso 10.8). Hasta el año 2008 la empresa ha venido aumentando su nivel de ventas en los dos productos bandera: el suministro e instalación de pistas de bolo y la instalación de pisos en madera maciza nacional. La característica más relevante que se pueden ver en el histórico de ventas anuales por tipo de producto en la compañía (Ilustración 5) es que desde el año 2007 ha habido un gran aumento por la compra de los equipos automáticos para bolo por lo que actualmente se considera el producto más importante para la compañía. En cuanto al piso importado de Robbins Floors, la representación exclusiva para Colombia por parte de Pisel se consolidó hasta finales del año 2008 por lo que no se ha instalado nada hasta el momento.

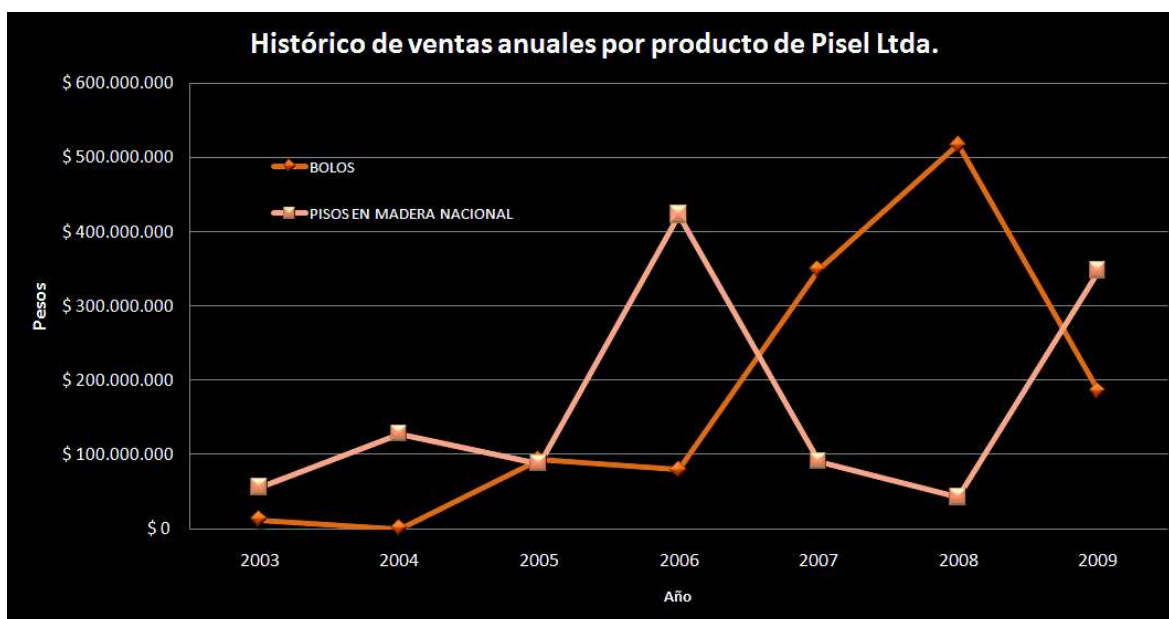


Ilustración 5: Ventas históricas de la empresa desde 2003.

Fuente: Elaboración del Autor a partir de estadísticas históricas de Pisel Ltda.

En cuanto al posicionamiento en el mercado no se puede tener certeza de esto porque los sectores en los que participa cada producto no están consolidados como tales. Adicional a esto es difícil determinar cómo el nivel de satisfacción del cliente afecta su posibilidad de recompra por ser en general una inversión tan cuantiosa y unos productos que normalmente se compran en grandes cantidades para una única instalación. Como caso específico, en lo que concierne a la línea de las representaciones internacionales, éstas se ven expuestas a factores ajenos a la empresa como lo serían las políticas de gobierno para las importaciones y exportaciones, y la variación del precio del dólar, sobre las cuales se podría hacer una caracterización (Lo, Lon, & Yan, 2007)(Dudley, 2004) y ver el impacto sobre la

empresa. Sin embargo, al ser políticas gubernamentales y factores ajenos al manejo de la compañía no se podría realizar una mejora en estos aspectos.

4.3.5 Relación Pisel - Competencia

En el producto de los pisos en madera maciza nacionales para escenarios deportivos actualmente Pisel encuentra competencia menor y no especializada. Se encuentran pequeñas firmas que ofrecen pisos en madera pero no especializados en escenarios deportivos como lo son los pisos laminados que se importan de Brasil, los cuales no tienen inferencia en el mercado objetivo de Pisel (Venegas Leyva, 2009).

Para el producto de superficies deportivas importadas, el mercado no está actualmente desarrollado y existe otra firma que cuenta con la representación de una multinacional con varios años en el mercado. La diferencia con ésta firma es que ofrecen superficies sintéticas como pasto sintético y pistas atléticas mientras que Pisel actualmente ha venido ofreciendo los productos relacionados con madera maciza sintética importada. Es por esto que la competencia no es directa ni afecta al mismo mercado al que apunta Pisel (Venegas Leyva, 2009).

En cuanto al suministro de equipos automáticos para bolo actualmente existe sólo un competidor en el mercado que ofrece los productos de la multinacional Brunswick Corporation. Esta representación no ha afectado directamente a Pisel en los últimos años porque han tenido una presencia bastante débil en el mercado ya que durante algunos años la representación para Colombia se estaba haciendo desde otro país lo cual dificultaba los procesos para la atención del cliente, el servicio posventa y las garantías ofrecidas (Venegas Leyva, 2009).

4.3.6 La relación al interior de la empresa

Este tema se discutió con los directivos y los jefes de procesos con el fin de establecer si había algún aspecto puntual sobre el cual hayan tenido más inconvenientes al interior de la compañía como los que se mencionaron en el esquema de la Ilustración 4.

En cuanto al manejo de inventarios dentro de la empresa los inconvenientes han sido casi mínimos ya que se suele tener un nivel muy bajo de inventarios por varios factores: la mercancía no tiene una alta rotación (e.g. no se instalan boleras cada mes ni se hacen coliseos periódicamente), los equipos de la línea de importaciones son realmente costosos como para traerlos sin haberlos vendido y el espacio

que requieren es bastante grande por lo cual habría que contratar una bodega adicional², lo cual no se justifica si el inventario es pequeño. Adicionalmente, hasta el momento siempre se ha trabajado con contratos que incluyen el tiempo de despacho del proveedor (evitando tener inventario antes de la contratación). Esto no ha generado inconvenientes hasta el momento con los clientes (Venegas, Diagnóstico General Pisel Ltda, 2009). Es por esto que realizar estudios sobre la cadena de producción para tener en cuenta el punto de reorden y la estabilidad por parte del proveedor (Baganha & Choen, 1998) por el momento no son investigaciones que se necesiten urgentemente y donde se pueda apoyar a la empresa actualmente.

Los costos de la empresa son un aspecto fundamental como se mencionó anteriormente porque es muy importante en situación de crisis económica mantenerse competitivo, lo cual se puede lograr a través de un buen manejo de éstos. Para poder hacer un análisis de los costos se hizo una clasificación general (Carrillo de Rojas, 1995):

a) Costos de producción:

Costo de la materia prima y materiales que intervienen en el proceso productivo: para Pisel, este costo hace referencia a la compra de materia prima para la instalación de los pisos nacionales principalmente la madera, el pegante la laca y elementos menores. Este costo no aplica para los productos que se importan ya que sólo se traen una vez que el cliente haya cancelado el total del valor directamente con la fábrica.

Depreciaciones del equipo productivo: Estos costos son bastante menores ya que los equipos usados para los procesos es una maquinaria bastante sencilla y no presenta mucho desgaste tal como una pulidora, sierras, clavadoras automáticas de martillos. De gran depreciación existe el local y la camioneta para los traslados pero no es un costo en el que se pueda ahorrar o mejorar.

Sueldos y cargas sociales del personal de producción: Actualmente Pisel tiene en la planta 6 empleados permanentes cuya carga prestacional es de \$4'720.000 pesos mensuales (Inciso 10.6,Tabla 5).

Costo de los Servicios Públicos que intervienen en el proceso productivo: Estos costos no se pueden intervenir ya que el sector donde está ubicada la empresa (Inciso10.5) es estrato 3 y se

² Durante el periodo 2006-2008 la empresa tuvo rentada una bodega para almacenar piso en madera listo para instalación pero después de análisis financieros se dieron cuenta que era mejor ordenar la madera lista en el momento de la firma del contrato y así ahorrarse el hecho de mantener inventario (Venegas, Introducción a Pisel, 2009).

encuentra en un sector donde hay bastante industria por lo cual recibos de los servicios públicos son bastante económicos.

Costo de envases y embalajes: En caso de una importación estos costos ya están incluidos y el cliente paga directamente por ellos ya que son procesos de importación. En caso de los productos nacionales, los costos son mínimos ya que se cuenta con un vehículo para el transporte de los materiales y el personal.

Costos de almacenamiento, depósito y expedición: Los costos de almacenamiento son relativamente pequeños ya que la bodega es propia de la empresa.

La relación de los costos para una cancha de squash (63 m²) expuesta en la Ilustración 6, se puede analizar que los costos más altos son la materia prima y el personal. Estos costos pueden variar dependiendo de la actividad y el tamaño del contrato. De este ejemplo se puede ver que el costo relacionado con el personal podría ascender indirectamente a ser el 21,11%.

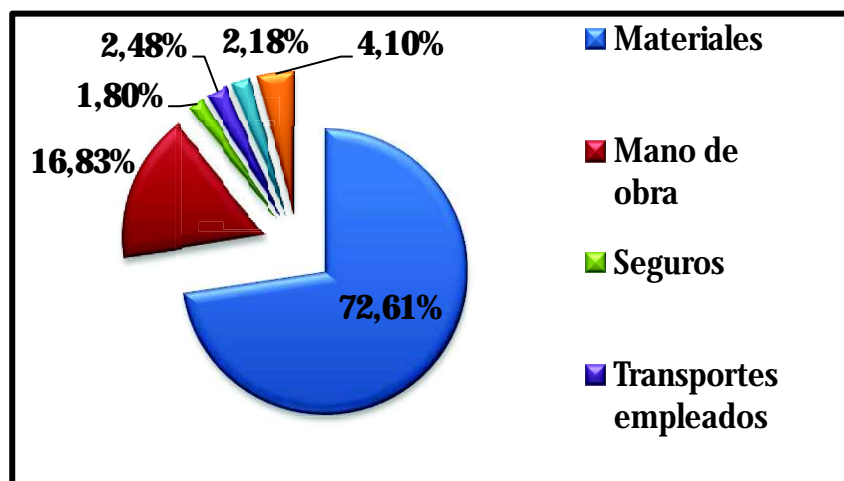


Ilustración 6: Distribución de costos por clasificación en la instalación de una cancha de squash. Fuente: Pisel (Estrella, 2009)

Teniendo en cuenta lo anterior un aspecto relevante en los costos de la empresa radica en el manejo del personal en el área de producción. De acuerdo con la gerencia de la empresa, las decisiones en cuanto a la cantidad de empleados en la planta y la asignación a las actividades dentro de las actividades se ha manejado con políticas de expertos mas no con un estudio claro en dónde exista un criterio para calcular cuántos empleados son necesarios para tener permanentemente y cuántos se necesitan para tener en casos adicionales (Castro, Problemas principales al interior de Pisel, 2009) (Venegas, Diagnóstico General Pisel Ltda, 2009).

Según los datos históricos mensuales de la cantidad de personal de planta desde el año 2005 hasta mitad del 2009 (Ilustración 7) se puede ver que la variación de la cantidad de personal en la planta fluctúa fuertemente ya que se hicieron bastantes contrataciones y despidos dependiendo del periodo (en rojo están los instaladores, en verde los ayudantes y en azul la suma de estos dos).

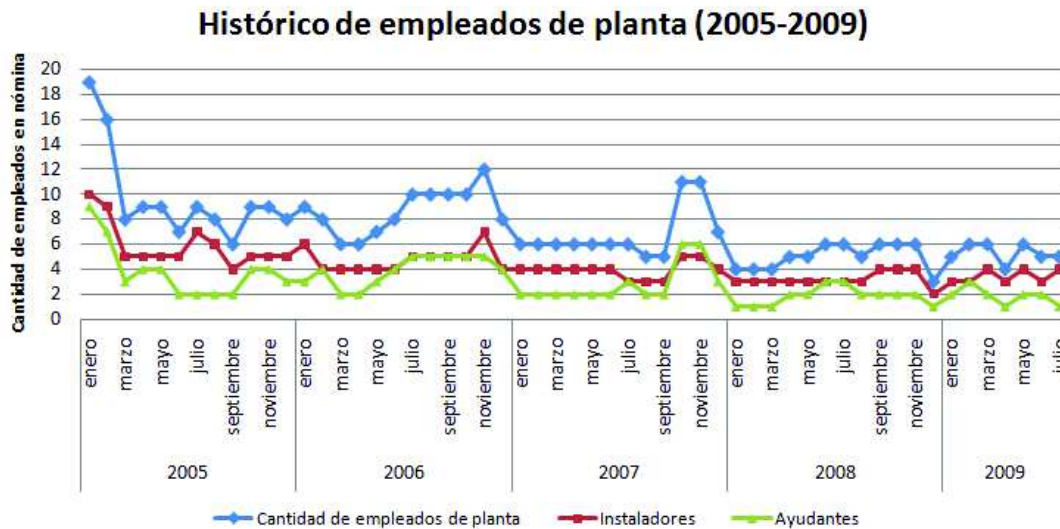


Ilustración 7: Histórico de empleados en nómina mensual (2005-2009). Fuente: Pisel (Arrocha, 2009)

A su vez, analizando la variación histórica de empleados por semanas durante el año 2009 (Ilustración 8) se ve que existe variación inclusive semanal al no existir problemas con la contratación a término indefinido, en la cual un empleado puede ser despedido sin previo aviso y la compañía no tendrá que pagar penalidades. Esta variación lo que indica es que existe una volatilidad bastante grande con el personal en el corto plazo (semanas) como en el largo plazo (a través de los años).

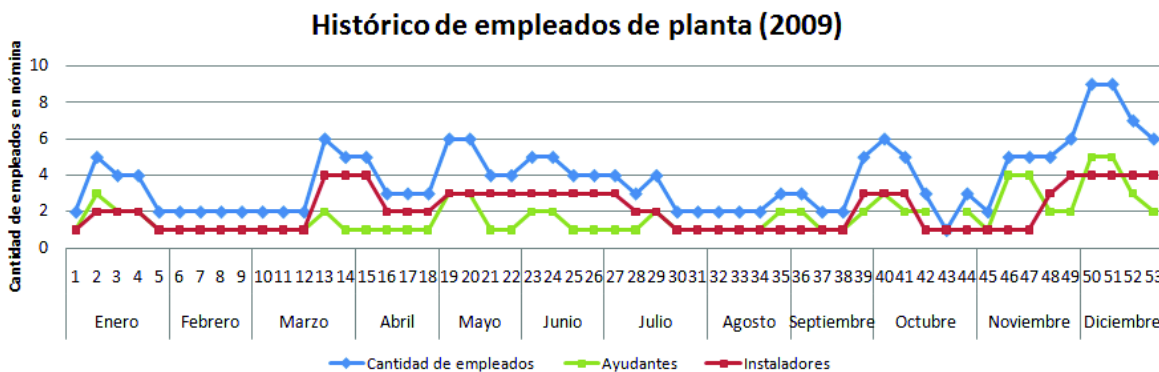


Ilustración 8: Histórico de empleados de planta en nómina semanal durante el 2009. Fuente: Pisel (González, 2010)

El problema de la inestabilidad laboral es muy importante ya que genera situaciones de interés que las empresas no pueden desconocer y mucho menos dejar de lado (Geerlings, Verbraeck, De Groot, & Damen, 2001) como lo son principalmente:

La capacitación de nuevos empleados genera costos adicionales (Geerlings, Verbraeck, De Groot, & Damen, 2001) como el tiempo de los empleados experimentados que dejan de hacer sus actividades para poder enseñar (Zhao, Lv, & You, 2007) y de la demora en que los nuevos empleados completen la curva de aprendizaje de cada actividad.

Disponibilidad inmediata inexistente: El proceso de capacitación impide a la empresa que el nuevo personal esté disponible para todas las actividades en el momento en el que se contratan ya que necesitan capacitarse (Geerlings, Verbraeck, De Groot, & Damen, 2001). Esto implica que la empresa debería planear con anterioridad sus necesidades de personal pero actualmente no se hace con el debido tiempo (Castro, Problemas principales al interior de Pisel, 2009).

Incertidumbre para los empleados: este problema radica en que el ambiente de trabajo no se logra estabilizar al interior de la compañía (Geerlings, Verbraeck, De Groot, & Damen, 2001) y como se ha visto en casos anteriores, se presentan robos de maquinaria y demás principalmente con los nuevos empleados que no llevan mucho en la empresa (Castro, Problemas principales al interior de Pisel, 2009).

4.3.7 Síntesis general

En la Tabla 1 se puede ver un resumen de los aspectos analizados anteriormente, incluyendo así las diferentes relaciones al interior y al exterior de la empresa.

Tabla 1: Resumen de relaciones de Pisel con el exterior y su interior. Fuente: Autor

PRODUCTO	RELACIÓN CON LOS CLIENTES	RELACIÓN CON LOS PROVEEDORES	RELACIÓN CON LA COMPETENCIA	RELACIÓN CON EL MERCADO	RELACIÓN AL INTERIOR
Suministro e instalación de pistas automáticas para bolo	Alto grado de satisfacción. Fidelización de clientes casi en un 100%	Han tenido algunos inconvenientes menores en el envío de los productos ordenados	Baja competencia. No es una amenaza en este momento. Gran participación de Pisel en el mercado (70% estimado)	Producto más importante actualmente. Clientes exclusivos. Mercado cerrado.	Se desconocen tiempos exactos de procesos y toma de decisiones en asignación del personal
Pisos en madera maciza nacionales	Alto grado de satisfacción. Gran cantidad de clientes y buen nivel de fidelización (40%)	Actualmente se considera estable y buena.	Existe competencia no especializada (laminados) por lo que no representa amenaza	Cliente exclusivo. Mercado medio-amplio. Producto no afectado por factores internacionales (importación y nacionalización).	Se desconocen tiempos exactos de procesos y toma de decisiones en asignación del personal
Superficies sintéticas importadas	No hay hasta el momento.	Aunque no se ha realizado el primer pedido, se considera buena la relación con la fábrica.	Baja competencia. Y el mercado es bastante cerrado. No es una amenaza en este momento	No hay hasta el momento, aunque se prevé un mercado cerrado.	Se desconocen tiempos exactos de procesos y toma de decisiones en asignación del personal

De acuerdo a la situación anterior se puede concluir que lo más apropiado es trabajar en el problema de la asignación del personal de planta en las diferentes actividades de los productos ofrecidos. Ahora más que nunca este tema cobra alta relevancia ya que en momentos de crisis económicas las empresas deben adaptarse lo más rápido posible.

Por eso es que **“en muchos de los sistemas de manufactura los recursos humanos son los más costos pero también los factores más flexibles. Por lo tanto el uso óptimo de los recursos humanos es un factor importante de éxito el cual contribuye en la competitividad a largo plazo”**³ (Zülch, Rottinger, & Vollstedt, 2004). Mientras que **“casi no se le presta atención a las implicaciones que puede tener los empleados y su ubicación en las futuras tareas en la organización”**⁴ (Geerlings, Verbraeck, De Groot, & Damen, 2001)

De acuerdo con Zülch, Rottinger, & Vollstedt (2004) es importante identificar en qué horizonte de planeación con respecto al personal se va a interactuar ya que se pueden tomar decisiones para solucionar inconvenientes a corto plazo como la asignación de personal para actividades puntuales o la planeación de una nueva estructura de personal. En la Ilustración 9 se ejemplifica cómo está relacionado el tamaño del cambio al interior de la empresa dada la decisión basada en el horizonte de planeación.

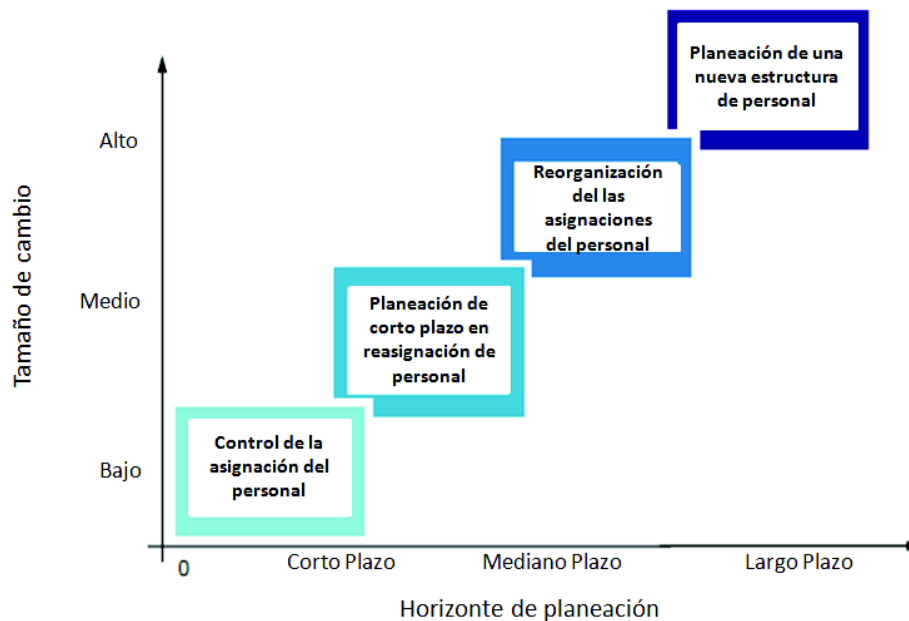


Ilustración 9: Tamaño de cambio en la empresa con respecto al personal dado el horizonte de planeación.

Fuente: Adaptación del Autor (Zülch, Rottinger, & Vollstedt, 2004)

Para el caso concreto de Pisel ya que como se mencionó en el Inciso 4.3.6, el problema de la inestabilidad laboral y de su planeación de actividades tiene enfoques tanto de corto plazo como de largo plazo y está relacionado con los costos de la empresa que en momentos de crisis económicas son de suma importancia. En el corto plazo se muestra que la asignación de empleados por las actividades laborales en el suministro e instalación de los diferentes productos se ha venido manejando con los criterios de los expertos mas no con unos criterios estandarizados. En el largo plazo existe un efecto económico ya que la variación de personal tiene impacto en la estructura de costos por lo cual es

³ La traducción es hecha por el Autor de la cita textual en inglés.

⁴ La traducción es hecha por el Autor de la cita textual en inglés.

importante establecer un nivel adecuado de personal fijo en la nómina de la empresa. En cuanto a esta investigación los modelos están diseñados para representar la situación actual de la empresa en el corto plazo y se analizarán escenarios y políticas que pueden ayudar a contemplar planeaciones a mediano y largo plazo.

A continuación se expone la metodología a tratar, la cual se basa en el uso de herramientas de dinámica de sistemas, en donde se buscará modelar la asignación de empleados en las distintas actividades laborales con el fin de dar recomendaciones que permitan mejorar el proceso de esta asignación y generar una mejor planeación estratégica. Recomendaciones que en el agregado pretenden mitigar el impacto que la desaceleración económica puede tener en la empresa.

5. METODOLOGÍA

5.1 Herramienta para el análisis de sistemas complejos

De acuerdo con las problemáticas presentadas anteriormente y los objetivos propuestos, se podrían enmarcar en un contexto de planteamiento de estrategias frente a la crisis económica. Esta planeación estratégica se ha trabajado desde diferentes enfoques mediante el análisis de ambientes competitivos (Porter, 1985) (Porter, 1980). Por tanto se podría considerar herramientas que permitan analizar empresas que necesiten organizar estrategias en las cuales se tenga la posibilidad de plantear escenarios y políticas que de alguna manera representen el dinamismo que existe entre los diferentes actores y situaciones. Este tipo de análisis se puede lograr a través de la Dinámica de Sistemas, la cual sirve para representar de manera apropiada aquellos sistemas que tienen alta complejidad (Sterman J. D., 2001). De acuerdo con el libro de Warren (Competitive Strategy Dynamics, 2003) el enfoque de la Dinámica de Sistemas se puede aplicar para estudiar los distintos aspectos estratégicos dentro de una compañía como lo son: desarrollo de nuevos productos, manejo de recursos materiales tangibles e intangibles, estrategias e impacto de ventas entre otros. Esto es porque el enfoque de la Dinámica de Sistemas permite entender cómo es el funcionamiento de estos aspectos y cómo interactúan a través del tiempo con la industria y el sector.

Con base a estas referencias y autores y dada las condiciones de Pisel como empresa, podría considerarse que esta herramienta puede ser bastante útil, ya que se presentan muchas relaciones complejas al interior de la empresa. Es importante no desconocer el hecho de la existencia de otras herramientas tales como los métodos de optimización o algoritmos para la planeación de actividades (Dantzig, 2002) los cuales podrían ser usados para la problemática de la empresa en cuanto a la asignación del personal. Este tipo de herramientas se fundamenta en el uso de datos y estadísticas existentes los cuales alimentan unos modelos que permiten hallar soluciones óptimas dada una(s) función(es) objetivo. Adicionalmente el uso de supuestos en los que las variables mantienen el mismo tipo de relación el tiempo y de que su efecto está explicado anteriormente limitan la complejidad que puede tener la situación **per se**. En el caso de Pisel hay muchos datos inexistentes y relaciones causales que no se pueden cuantificar estrictamente lo que para estas herramientas no tendrían impacto. Según Forrester (1961) el hacer omisión de esas variables "suaves" es equivalente a decir que su efecto es cero y que probablemente ese es el único valor que probablemente esté mal. Es por esto que este tipo de herramientas dadas las circunstancias de Pisel podrían verse limitadas. Adicionalmente, en la empresa buscan entender cuáles son las causas y los efectos de sus políticas actuales y qué implicaciones generaría cambiarlas, lo cual en algunos casos implicaría tener un entendimiento estructural de la situación actual.

5.2 Modelos mentales: facilidades y limitaciones

Los modelos mentales que se forman dentro de la racionalidad de las personas surgen como mecanismos para tomar decisiones en sistemas que tienen alta complejidad dinámica los cuales son en la mayoría caracterizados porque son dependientes de un patrón histórico, se relacionan no linealmente, son contra-intuitivos, adaptativos, dominados por realimentaciones, entre otros. Estos mecanismos a veces se representan mediante la implementación de reglas rígidas que no cambian en el tiempo porque en algún momento funcionaron bien y en otros casos mediante la creación de hábitos formados por la rutina (Sterman J. D., 2001).

Es por esto que los modelos mentales carecen de ciertas ventajas como el hecho de que no son explícitos, no se pueden revisar fácilmente por otras personas y su interpretación puede variar, provocando ambigüedades y contradicciones que pueden terminar sin resolver (Sterman J. D., 1992). El ganador del Premio Nobel en economía, el profesor Herbert Simon llama a esto como el “principio de la racionalidad limitada”(Simon, 1957):

La capacidad de la mente humana para formular y resolver problemas complejos es muy pequeña en comparación con el tamaño del problema cuya solución es requerida para volver objetivo el comportamiento racional en el mundo real o inclusive para una aproximación razonable para aquella racionalidad objetiva.⁵

Esta falta de racionalidad objetiva se puede presentar al evaluar proyectos que se caractericen por contener una alta complejidad. Un ejemplo es la administración de proyectos, categorizado como modelos que son extremadamente dinámicos, multi-dependientes, altamente dinámicos, con múltiples procesos de realimentación, relaciones no lineales que incluyen datos tanto rigurosos como estimados (Sterman J. D., 1992). En este tipo de situaciones donde se busca ser mucho más precisos los modelos mentales se pueden ver insuficientes.

5.3 Apoyo en la herramienta de simulación

Para solucionar estos inconvenientes de los modelos mentales se puede utilizar sistemas que apoyen la toma de decisiones (**Decision Support Systems, DSS**). De este tipo de herramientas se encuentra una gran cantidad: modelos matemáticos, de optimización, estocásticos, de lógica y de simulación entre otros. La idea de estos DSS es que apoyen a las personas que toman las decisiones importantes dentro de la empresa en problemas que contengan riesgos y que necesiten balancear objetivos que se encuentren en conflicto (Gregoriades & Karakostas, 2004).

⁵ Traducción al español de la cita textual en inglés hecha por el Autor.

La dinámica de sistemas se apoya en la herramienta de simulación para lograr complementar las carencias que tienen los modelos mentales y porque dado que las variables que se observan están en un entorno dinámico (Sterman J. D., 1992). Dentro de las ventajas más importantes que brinda esta herramienta (Banks, 1998) están:

- Elegir acertadamente: probar diferentes políticas sin necesidad de hacer adquisiciones físicas, implicando un ahorro económico considerable. Esto le permite a la empresa invertir en un modelo con el cual se pueden explorar múltiples posibilidades a un costo relativamente bajo a comparación de implementar las políticas en la realidad para probarlas.
- Explorar nuevas políticas: por medio de esta herramienta es posible mirar, bajo diferentes escenarios de interés, qué políticas podrían ser más viables en cuanto a su implementación y los impactos que generarían en la empresa. Esto sería de vital importancia para entender cómo puede afectar los escenarios relevantes dentro del contexto de la situación económica del país (indicadores en construcción, inversión en estructuras deportivas, entre otras).
- Desarrollo del entendimiento: con un análisis se pretenderá representar el comportamiento de la empresa de una manera bastante cercana a la realidad con el fin de apoyar el entendimiento por parte de toda la empresa.
- Entrenar los equipos y poder integrar a todo el sistema: gracias a su facilidad de entendimiento permite capacitar a los empleados de la empresa en cómo es el funcionamiento de la cadena de producción y de la toma de decisiones.
- Visualizar Planes: si se tienen alternativas futuras permite la capacidad de evaluarlas y tener más información para el momento de su selección. Este elemento es crítico a la hora de trabajar en Pisel ya que la empresa tiene pensado proyectarse en el mediano plazo con una inversión agresiva en el mercado
- Prepararse para cambios: fundamentado en las herramienta de simulación se puede analizar diferentes escenarios (más probable, menos probable, más favorable, etc.). Esto con la finalidad de que la empresa cuente con más información en caso de que éstos sucedan.

Es por estas ventajas que el apoyo en un programa que permita realizar simulaciones sobre el comportamiento futuro de las variables es importante. De hecho, temas similares con respecto al tema de la asignación de personal han concluido que los resultados obtenidos cumplen con las expectativas de las investigaciones en los cuales también es necesario analizar posibles escenarios futuros y la evaluación de las diferentes políticas que se plantean (Zülch, Rottinger, & Vollstedt, 2004) (Geerlings, Verbraeck, De Groot, & Damen, 2001). En el caso de Pisel será entonces importante que se pueda

determinar cómo las diferentes políticas ante el escenario de la crisis económica pueden mejorar la estructura de costos mediante la preparación a corto plazo y a largo plazo de la planeación del personal. En la literatura se ha encontrado artículos donde comentan la capacidad de funcionar adecuadamente para situaciones como el manejo de personal dentro de las organizaciones y su comportamiento (Abdel-Hamid, 1989).

A su vez existe una diferencia entre los diferentes tipos de simulación: continua y discreta. El hecho de que la Dinámica de Sistemas se apoye en la simulación continua radica en que mientras la simulación discreta busca analizar lo que sucede con respecto al comportamiento del modelo con la vida real para buscar pronósticos con alta certeza, la simulación continua trata de buscar las dinámicas en los patrones de comportamiento (Vlachos, Georgiadis, & Iakovou, 2007). Para el caso de Pisel, sería más productivo poder entender las dinámicas existentes en el sistema y su relación con las estructuras causales entre las variables lo que permitiría una mejor comprensión del sistema.

5.4 Proceso metodológico

La metodología de esta investigación se basa en la propuesta presentada la propuesta por Sterman (2001):

5.4.1 *Articulación del problema*

A partir de la descripción hecha sobre Pisel y de concluir que el área en la que se requiere mayor atención es en los procesos internos de producción, se realizaron varias entrevistas con los directivos de la empresa para determinar qué problemática es la más importante y relevante de estudiar (expuestas en el Inciso 6.3.6). Una vez determinado que el problema de interés radica en el manejo y planeación de los empleados, se procede a buscar la herramienta más apropiada para abordar esta problemática. Una vez definida la herramienta de Dinámica de Sistemas con el apoyo de la simulación se procede a buscar la información relevante que necesitan el modelo. Para esto se necesita hacer iteraciones con los encargados de los procesos (Castro & Venegas, Funcionamiento de los productos y toma de decisiones, 2009), recolectar información (Inciso 6.3.6) para alimentar el modelo y finalmente validarlo y verificarlo cuantas veces sea necesario.

5.4.2 *Formulación de hipótesis dinámica*

Las hipótesis que se manejan en este contexto son dinámicas porque deben proveer una posible explicación a las dinámicas que caracterizan el problema en términos de ciclos de realimentación y de estructuras de niveles y flujos (Sterman J. D., 2001). La formulación de éstas hipótesis sobre el comportamiento futuro de las variables se puede hacer mediante el apoyo de los Diagramas de Ciclos

Causales (DCC), los cuales permiten establecer las relaciones existentes entre estas variables de manera metódica y adecuada (Sterman J. D., 2001) y además porque pueden simplificar la representación de los modelos (Vlachos, Georgiadis, & Iakovou, 2007). La relación entre dos variables es positiva si el cambio en una variable genera un cambio similar en la cual está afectando y negativo si genera un cambio de manera contraria (Zhao, Lv, & You, 2007). Un ejemplo básico de esto se muestra en la Ilustración 10 en donde se exponen la relación básica de la economía para bienes normales entre oferta, precio y demanda. En este caso se cumple que a mayor oferta (crecimiento) existe un menor precio (disminución en el precio) y a mayor demanda (aumento) hay un mayor precio (aumento). De ahí que la primera relación (oferta-precio) tenga polaridad negativa y que la segunda relación (precio-demanda) tenga polaridad positiva.



Ilustración 10: Ejemplo de polaridades entre variables. Fuente: Autor

A partir de las relaciones identificadas entre las variables en un DCC se pueden establecer estructuras de realimentación, las cuales representan de manera simplificada cómo reaccionan múltiples variables relacionadas. Existen dos tipos de estructuras de realimentación: las positivas, las cuales indican que el efecto causado inicialmente en algunas de las variables se refuerza a medida que pasa el tiempo; o de balance, las cuales indican que el comportamiento inicial de las variables involucradas tiende a buscar el equilibrio a medida que pasa el tiempo.

Una vez que el DCC está completo (con polaridades y estructuras de realimentación identificadas) se puede entender cómo se relacionan todas las variables entre sí y de esta manera hacer predicciones generales sobre el comportamiento futuro de las variables de interés. Estas predicciones, en contraste con los resultados permitirán una mejor comprensión del sistema y de la causalidad entre las variables.

5.4.3 *Formulación de un modelo de simulación*

Para poder realizar el modelo de simulación es importante describir los procesos de cada uno de los productos ofrecidos y los recursos necesarios. Esta información se obtiene del histórico de ventas y de las personas que están a cargo de la asignación del personal (Jefe de Obra y Jefe de Personal). Adicionalmente para representar el comportamiento de algunos parámetros como la demanda o el tiempo que se demora cada actividad es necesario obtener varios datos de tipo numéricos, los escritos y los mentales (Forrester, 1961).

Es importante resaltar que los programas Ithink 9.0.2.® y Vensim DSS® son equivalentes en la medida que ambos sirven para crear y analizar modelos de simulación que cuenten con estructuras

complejas de realimentación. La implementación de las actividades de cada uno de los productos se hace inicialmente en el programa Ithink 9.0.2.® el cual tiene una interfaz que al momento de mostrar los resultado, hacer realizar análisis de sensibilidad, de políticas y de escenarios es más agradable para el usuario. El mejoramiento de la asignación de actividades se obtiene en el programa Vensim DSS® (equivalente en su totalidad a Ithink 9.0.2) ya que cuenta con un programa de optimización incluido el cual a pesar de no garantizar el óptimo, obtiene muy buenos resultados funcionando con el método de “cut-and-try” el cual varía principalmente los parámetros de interés (Li & Lu, 2004).



Ilustración 11: Proceso de creación del modelo de simulación

5.4.4 Validación y verificación del modelo

Sterman (2001) sostiene que es imposible realizar una validación y una verificación del modelo debido a que realmente todos los modelos están mal. Esto es porque se parte de unos modelos mentales (Inciso 5.1) los cuales de alguna manera están sesgados y son una simplificación de la realidad. Forrester (1961) también sostiene lo mismo ya que al validar el modelo éste se compara con la realidad y bajo unos criterio determinados se decide si se asemeja o no. El problema está en que esos criterios o juicios con los cuales se compara no son absolutos, lo que hace que la validez no sea otorgada en el sentido estricto de la palabra sino por el contrario se podría considerar como un modelo aceptado, convincente o esclarecedor.

Sin embargo, esto no quiere decir que no se deba escoger ningún modelo ya que no son perfectos, sino que se debe escoger el mejor posible teniendo presente cuáles son sus capacidades, cuáles son límites y qué debilidades puede tener (Sterman J. D., 2001). Es por esto que en esta parte de la metodología hay que determinar de qué forma es apropiado validar los modelos.

5.4.5 Diseño de políticas y evaluación de éstas.

Las políticas propuestas que serán analizadas estarán orientadas a solventar diferentes escenarios de interés referentes a la situación económica actual. El objetivo entonces será reconocer las mejores políticas teniendo en mente la viabilidad que tengan dentro de la empresa en cuanto a la facilidad de implementación, posibilidad de costos. La evaluación de las políticas se realizará mediante una serie de indicadores propuestos para cada uno de los modelos. Finalmente se pretenderá entonces recomendar

las políticas más adecuadas para la empresa dado los escenarios analizados. A su vez se pretenderá ilustrar cómo la implementación de las políticas afectará el sistema actual.

En el siguiente capítulo se exponen los modelos de simulación para las actividades que realiza la empresa. Como se ha hablado a lo largo del documento la empresa realiza tres principales actividades, es así como el siguiente Inciso cuenta con un modelo de simulación para cada uno de los productos: 1) pisos deportivos en madera maciza nacional 2) suministro y la instalación de las pistas automáticas para bolos 3) superficies sintéticas importadas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en la metodología explicada en el Inciso anterior, el producto de este desarrollo se presenta a continuación:

6.1 Articulación del problema y construcción del modelo conceptual

La articulación del problema se realizó en detalle a través del Inciso 4 donde se explica detalladamente cuál es el problema actual. Adicionalmente se hace referencia a todas las fuentes de información que se usaron para poder describirlo en la revisión bibliográfica (Inciso 9). En cuanto a detallar y estructurar cómo se realiza la toma de decisiones en cuanto a la asignación del personal, esta se explica a continuación.

6.1.1 Racionalidad en la toma de decisiones

Al interior de Pisel no existe ningún procedimiento puntual en donde esté establecido con qué criterio se asigna a un empleado a cada una de las actividades. Básicamente el raciocinio que se utiliza es que de acuerdo con la secuencia de las actividades se va asignando todo el personal disponible (Castro, Problemas principales al interior de Pisel, 2009). En la Ilustración 12 se puede representar este criterio.

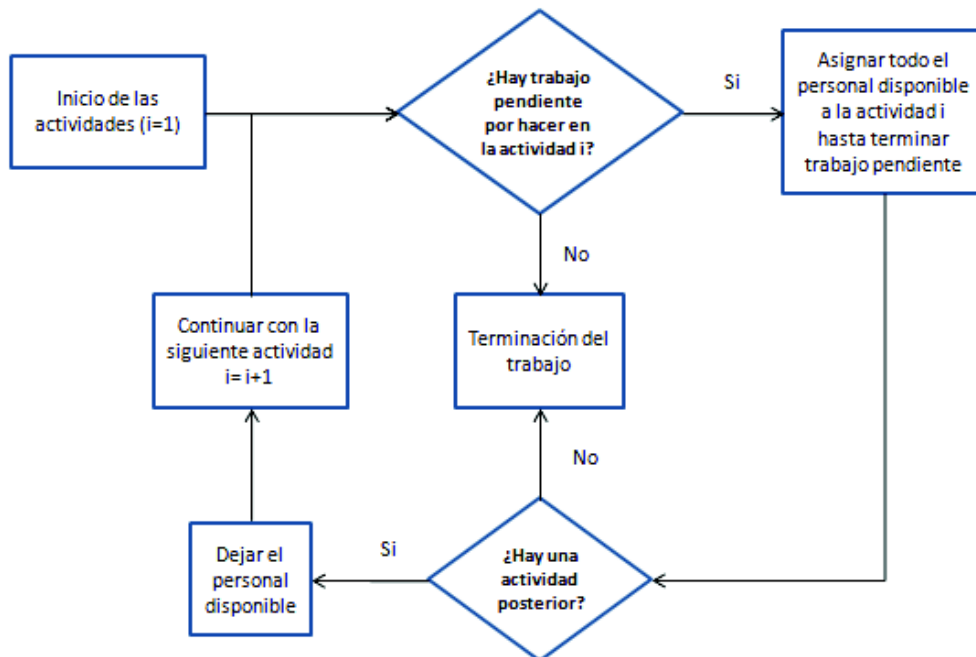


Ilustración 12: Procedimiento para la asignación de personal a las distintas actividades. Fuente: Autor

6.2 Formulación de la hipótesis dinámica

Para poder explicar el comportamiento del sistema con base a la estructura causal del modelo es importante representar ésta en un DCC que permita entender la relación existente entre las variables del modelo. Para la situación actual de Pisel se realizaron visitas a las diferentes áreas desde producción hasta la gerencia, y así entender cómo es el funcionamiento de cada uno de los productos. En cada uno de los tres productos se sigue un patrón repetitivo en las actividades ya que la mayoría de actividades siguen un orden lineal, es decir que la actividad 1 se termina y se puede empezar la 2, la 2 se termina y se puede empezar la 3 y así sucesivamente.

En la Ilustración 13, se puede ver una representación de este patrón el cual se aplica para los tres tipos de productos ofrecidos y se plantea como una generalización ya que la cantidad de actividades depende del tipo de producto.

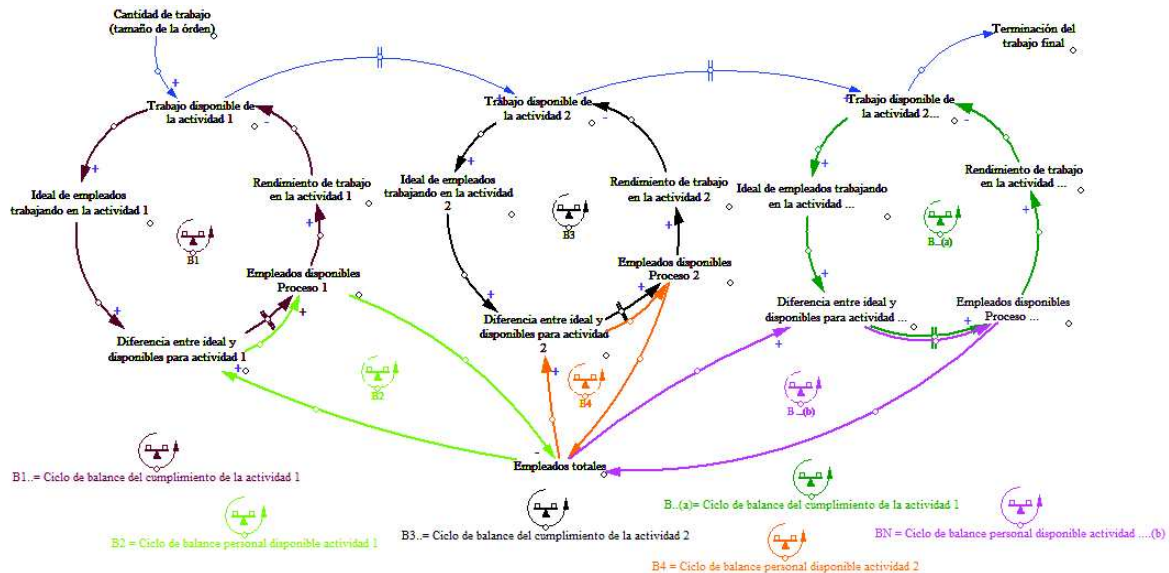


Ilustración 13: Diagrama de Ciclos Causales (DCC). Fuente: Autor

La Ilustración 13 muestra el DCC de la estructura básica y las relaciones existentes entre las variables más importantes en el proceso de instalación de casa uno de los productos. Como se puede ver se encuentran estructuras de balance que tienen a estabilizar el sistema. Eventualmente la competencia de estos ciclos de balance por un recurso compartido y limitado como lo es la cantidad de empleados totales torna la dinámica del sistema de manera compleja.

Esto se ve claramente dada la precedencia que existe entre las actividades, en la que se necesita que la actividad anterior esté completa para que la actividad posterior pueda iniciar. La tasa a la que se culmina cada actividad está dada a su vez por la cantidad de empleados disponibles para trabajar en ésta. Es por esto que el impacto de las posibles demoras de las actividades sobre el proceso total no

necesariamente contiene características de modelos lineales ya que habría múltiples estados para cada una de las variables y la combinación de estos estados podría dar como resultado alta complejidad. Estas precedencias en las actividades se trabajarán con varios condicionales que determinan si la actividad que necesita ser terminada antes de que comience la siguiente ya está hecha. En algunos casos se necesite que vaya adelantada en algún porcentaje lo cual se hará de la misma manera mencionada anteriormente.

A su vez es muy importante resaltar los ciclos que regulan la cantidad de empleados disponibles ya que es por el cambio en la fuerza de cada uno de ellos que los empleados cambian de actividad, dependiendo del trabajo que haya acumulado. Al ser la cantidad de empleados totales limitada, esto hace que la dominancia de los ciclos de balance que asignan el personal se vaya alternando.

6.3 Formulación de un modelo de simulación.

6.3.1 Explicación general y detalles técnicos

La formulación de los modelos de simulación se hizo teniendo en cuenta las actividades que componen cada uno de los productos (organizados por sectores que agrupan actividades), el horizonte de planeación y la formalización de la toma de decisiones explicada en anteriormente (Inciso 6.1.1). Las ecuaciones de uno de los modelos (propósitos ilustrativos) se encuentra en el Inciso 10.9.

Cada uno de los productos ofrecidos cuenta con unas actividades específicas las cuales se agrupan en sectores como se muestra en la Ilustración 14. Los sectores que están en rojo contienen las actividades sobre las cuales Pisel tiene un control directo (e.g. procesos de instalación) destinando sus empleados para su realización; y los que están en blanco, incluyen las actividades sobre las cuales Pisel no tiene ningún control sobre su cumplimiento (e.g. nacionalización de mercancía).

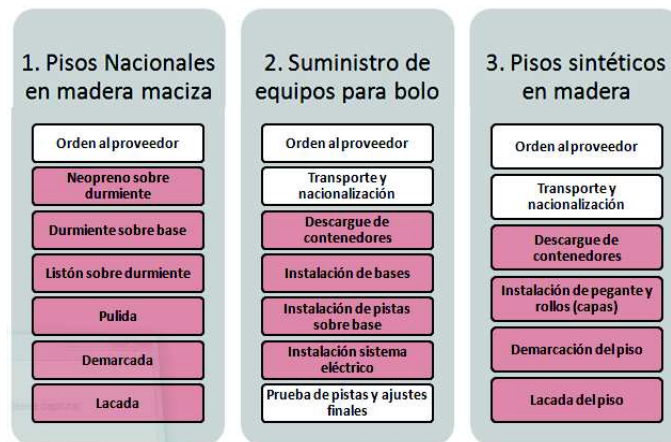


Ilustración 14: Resumen sobre los productos ofrecidos y sus actividades más importantes. Fuente: Autor.

La decisión de realizar un modelo por producto radica en que bajo este enfoque se reduce la complejidad del sistema y cuenta con múltiples ventajas (Gregoriades & Karakostas, 2004):

- Ü Mejor receptividad con respecto la interface: Se puede analizar mejor el comportamiento del modelo sin estar muy relacionado con el funcionamiento en sí del programa.
- Ü Modelo orientado hacia el negocio: Reduce la complejidad al mostrarle a los usuarios sólo lo que están interesados en analizar
- Ü Se integran los procesos del negocio con la simulación
- Ü Se puede escalar el modelo
- Ü Se puede hacer simulación comparativa
- Ü Se puede tener registro de cada simulación.

Adicionalmente cada modelo es representado por los diferentes sectores de interés con el fin de lograr mayor claridad al momento de la explicación y de la programación.

En cuanto al horizonte de planeación, si se quisiera poder analizar la dinámica compleja de múltiples trabajos a la vez, lo más apropiado de acuerdo con un estimativo de los ingenieros de la empresa sería correr el modelo con un horizonte de tiempo de tres meses. Esto es porque de acuerdo con un estimativo una importación e instalación de pistas de bolo puede tomar cerca de dos meses para 8 pistas (el promedio); el piso para un coliseo deportivo (de 800 m²) dos meses. Un aspecto importante es que estas instalaciones se traslapan en el transcurso de un año y eso hace que el tiempo estimado por los ingenieros varíe ampliamente. Las unidades de tiempo que son más apropiadas dado la cantidad de actividades y sus demoras, lo más adecuado es correr el modelo por días.

Desde la justificación técnica de los programas de simulación (Isee Systems: Ithink 9.0.2, 2007) y desde la experiencia de los académicos (Breierova, 1998) también se recomienda tener en cuenta algunos aspectos en mente cuando se definen el tiempo de integración (mejor conocido como DT: **Delta Time**) y los métodos de integración (Algoritmos usados). En el caso específico de los modelos planteados en los Incisos siguientes, en donde una de las características técnicas más relevantes es el uso de funciones de condicionamiento (**IF-THEN-ELSE**), el método de integración más apropiado es el de Euler. A su vez, dada la "prueba ½" en donde se recomienda que se analice el DT de acuerdo con la demora más pequeña existente en el modelo y disminuyéndola a la mitad, el DT más aconsejable para los modelos es DT= 0.5.

Y finalmente en cuanto a la implementación de este proceso de toma de decisiones (Ilustración 12) se programará en el modelo de simulación como está expuesto en la Ilustración 15, en la cual es importante mencionar que algunas de las variables tienen condicionales implícitos en las ecuaciones y en otras variables como el rendimiento dado el personal existen funciones que determinan relaciones

no lineales entre ellas (Para ver en detalle cada una de ellas ver el Inciso 10.4). En cualquiera de los 3 productos, la implementación es la misma.

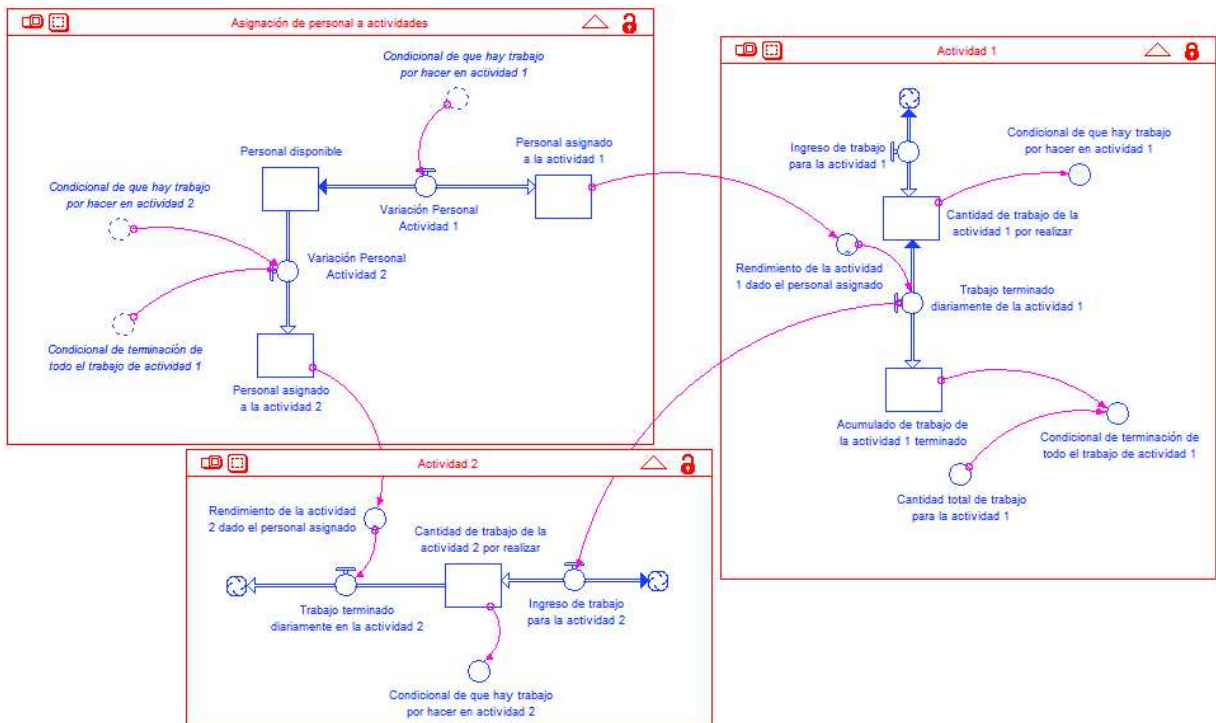


Ilustración 15: Representación de la Ilustración 9 en un modelo de niveles y flujos. Fuente: Autor

Una vez explicada cómo es la representación en cada uno de los modelos de simulación de los procesos de asignación de empleados, es importante determinar una variable de desempeño que indique de forma clara cómo está rindiendo cada actividad (Castillo, 2006). Es decir que con base en el análisis de los valores tomados por ésta se podrá determinar cómo va el progreso en el suministro e instalación de los diferentes productos. A su vez, también permite evaluar en qué medida sirven o no las políticas propuestas para la empresa y cómo se ve impactada ésta por los distintos escenarios propuestos.

Para la situación de Pisel Ltda., la variable de desempeño más adecuada es aquella que tenga en cuenta el progreso de las actividades sobre cada producto porque de esta manera se puede evaluar el desempeño del sistema en cada paso. Para lograr esto, y de acuerdo con el análisis hecho en el Inciso 4.3.7, se puede evaluar mediante el indicador propuesto para esta investigación:

$$P = \frac{W_{i,t} - W_{i,t-1}}{W_{i,t-1}} \times 100$$

Donde P se definiría como el porcentaje de trabajo pendiente de la actividad i en el producto t

Donde C_i representa el contador para cada una de las actividades dado el producto y donde P_i representa el contador para cada uno de los productos:

$$\begin{aligned}
 & \cdot \quad \text{C}_i = \frac{\text{P}_i}{\text{C}_i} \\
 & \cdot \quad \text{C}_i = \frac{\text{P}_i}{\text{C}_i} \\
 & \cdot \quad \text{C}_i = \frac{\text{P}_i}{\text{C}_i}
 \end{aligned}$$

La forma en la cual se representaría esto en el modelo de simulación sería como se presenta en la Ilustración 16 en la cual el trabajo que está pendiente por hacer se divide entre el total del trabajo que se debe hacer en esa actividad y se multiplica por 100 para que quede en términos de porcentaje.

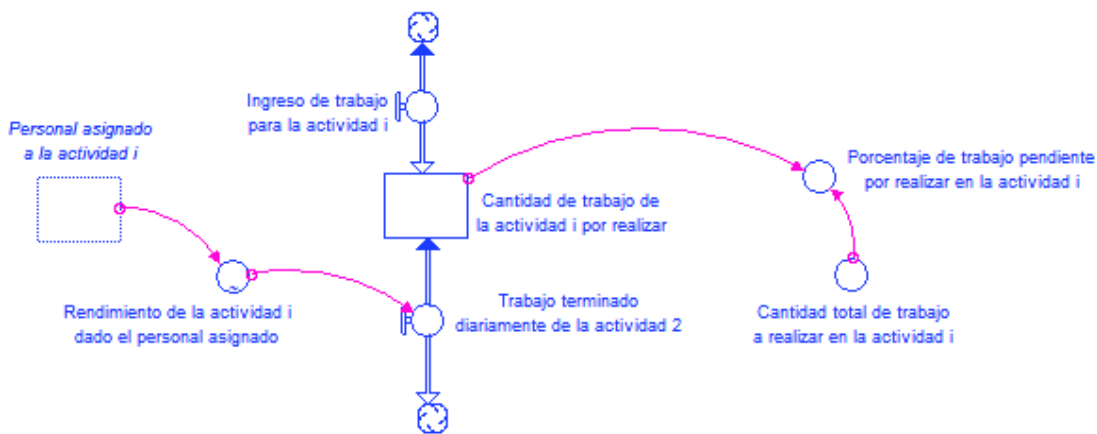


Ilustración 16: Representación de la variable de desempeño en cada una de las actividades. Fuente: Autor

6.3.2 Modelo de la producción de pisos en madera macizas nacionales

6.3.2.1 Descripción del funcionamiento de los pisos deportivos en madera maciza nacionales:

Este producto está caracterizado por ser un producto característico de la compañía ya que lo ha tenido por más de 15 años. Los pisos tienen una gran versatilidad al poderse usar en canchas de squash, **racquet**, gimnasios, coliseos y hasta en escenarios culturales como los teatros. Comparativamente con los demás productos, éste es el más económico que actualmente ofrece la empresa porque no es necesario incurrir en costos de nacionalización de mercancía ni costos de transporte internacional (Venegas, Introducción a Pisel, 2009)

El procedimiento que se realiza para la venta de un piso deportivo consta de los siguientes pasos una vez que se ha firmado el contrato con el cliente (Venegas, Funcionamiento de los productos ofrecidos, 2009):

Procesamiento de orden del proveedor: el proveedor de la madera necesita comprarla y tratarla antes de entregársela a Pisel Ltda. Dentro de los pasos más comunes está el de cortar los bloques, cortarla en listones, aplanarla, etc.

Instalación de neopreno en durmientes: la madera llega en dos partes, los listones (tablas con macho y hembra a los lados) y los durmientes, sobre los cuales se ponen los listones. A estos durmientes se les coloca una lámina de neopreno en la parte de abajo. La cantidad de metros lineales trabajados diariamente depende de la cantidad de empleados.

Nivelación e instalación de durmientes: una vez se cuenta con los durmientes con neopreno, estos son llevados al sitio de instalación y se fijan con un sistema de anclas expansivas de nylon que son clavadas atravesando el durmiente y penetrando en la placa de cemento. La cantidad de metros cuadrados instalados diariamente depende de la cantidad de empleados.

Instalación de listones sobre durmientes: para esta actividad es necesario que se haya instalado al menos el 85% de los durmientes. Éstos se instalan uniéndolos con una puntilla sobre el durmiente y uniéndose entre sí a través del machihembrado que tienen. La cantidad de metros cuadrados instalados diariamente depende de la cantidad de empleados.

Pulida del piso: para que esta actividad pueda comenzar es necesario que todo el piso haya sido instalado. Se pule el piso para lograr que empareje totalmente mediante el uso de diferentes lijas que varían el tamaño del grano, desde la lija 40 (áspera) hasta la lija 120 (relativamente suave). La cantidad de metros cuadrados instalados diariamente depende de la cantidad de empleados.

Demarcación del piso: Un piso deportivo por lo general requiere que se realice una demarcación básica de las canchas multideportivas que se estén instalando. Para esto es necesario que el piso esté totalmente pulido y que se pueda barrer antes de aplicar la pintura. La cantidad de metros cuadrados instalados diariamente depende de la cantidad de empleados.

Lacada del piso: para que se pueda lacar el piso después de pulido y demarcado es necesario esperar medio día mientras la pintura se seca. La lacada del piso (que también se puede cambiar por sellador) sirve para proteger la madera del tránsito y los rayones de zapatos. La cantidad de metros cuadrados instalados diariamente depende de la cantidad de empleados.

6.3.2.2 *Modelo de simulación del producto de los pisos deportivos en madera maciza nacionales:*

i) Modelaje del pedido al proveedor:

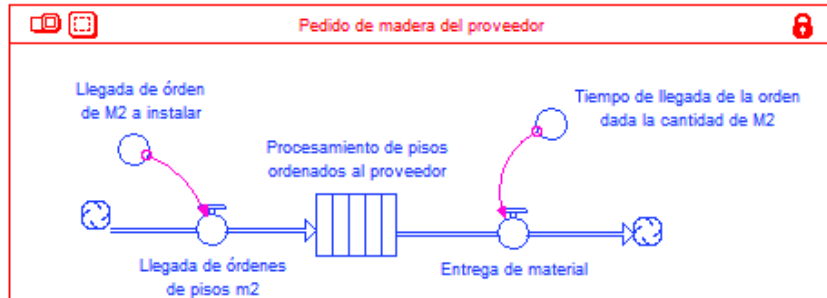


Ilustración 17: Sector de pedidos de madera al proveedor. Fuente: Autor

La llegada de órdenes se realizó con base a un histórico sobre el cual se determinó que el promedio instalado está en 800 m². El tiempo de llegada de las órdenes varía dependiendo de si el proveedor tiene madera en inventario. Si la tiene lista, la entrega en menos de una semana; si no, se puede demorar hasta cuatro semanas. Es por esto que el valor para el escenario base es de 10 días.

ii) Colocación del neopreno sobre el durmiente en la planta:

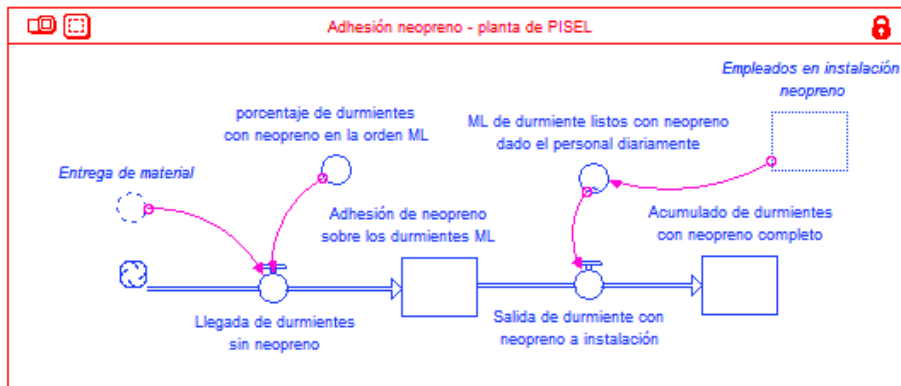


Ilustración 18: Sector- Adhesión de neopreno al durmiente de procesos en la planta de Pisel. Fuente: Autor

Dentro de la orden que se le realiza al proveedor de madera se le pide dos artículos principales: los listones de madera y los durmientes. En este sector es el proceso de adhesión de neopreno a los durmientes y el progreso de esta actividad depende de la cantidad de empleados que estén colaborando.

iii) Instalación de durmientes sobre base (placa de cemento):

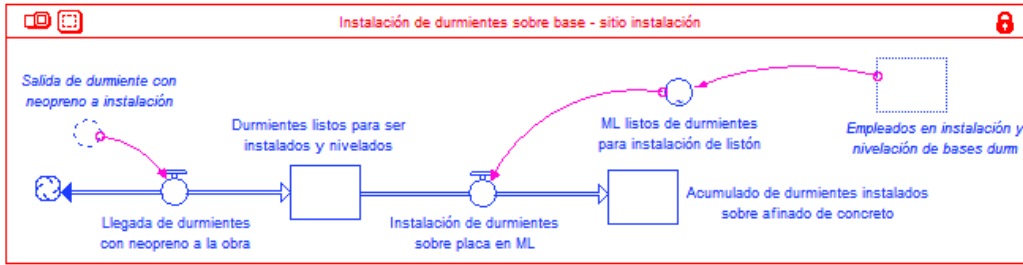


Ilustración 19: Sector de la instalación de durmientes sobre bases. Fuente: Autor

La instalación de los durmientes es la etapa donde se clavan los durmientes encima de la placa de concreto, perpendicularmente a los listones que se instalarán encima posteriormente. La duración de la actividad depende de cuántos empleados hayan asignado para ésta.

iv) Instalación del listón sobre los durmientes con neopreno:

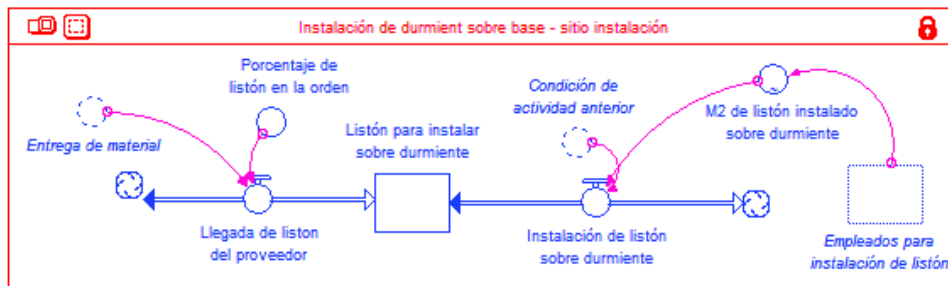


Ilustración 20: Sector de la Instalación de listón sobre los durmientes. Fuente: Autor

Para iniciar esta actividad de clavar los listones sobre los durmientes es necesario que se haya instalado por lo menos el 70% de los durmientes. Adicional a esto, la velocidad con la cual se realiza la actividad depende de los empleados asignados para este fin.

v) Pulida, demarcada, lacada y entrega del piso:

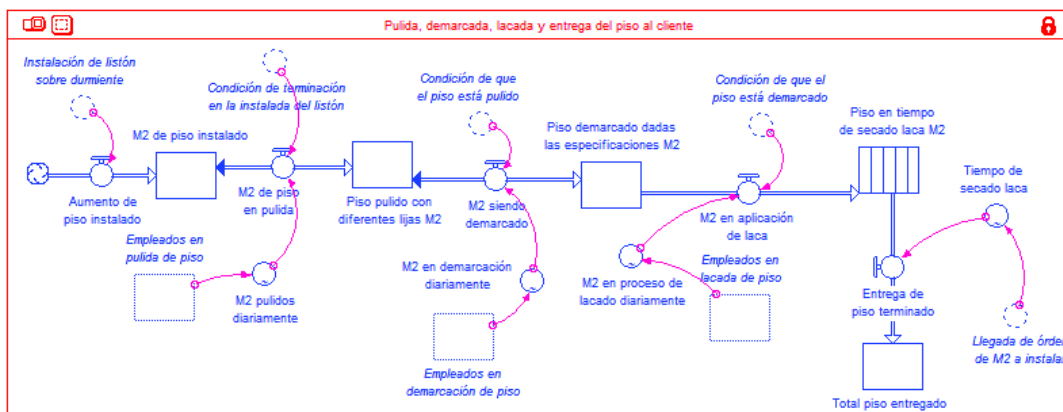


Ilustración 21: Sector de pulida, lacada y entrega al cliente del piso terminado. Fuente: Autor

Este sector representa todos los cambios que se le hacen al piso instalado (es decir a los listones puestos sobre los durmientes). Se agrupan porque ya se trabaja una misma unidad la cual es el piso como tal (integración entre listón y durmiente). En cada etapa es necesario verificar que se haya cumplido la anterior ya que en concreto no pueden trabajarse en paralelo sino secuencial. Cada actividad también depende del número de empleados que se asignen.

vi) Asignación de empleados para las diferentes actividades:

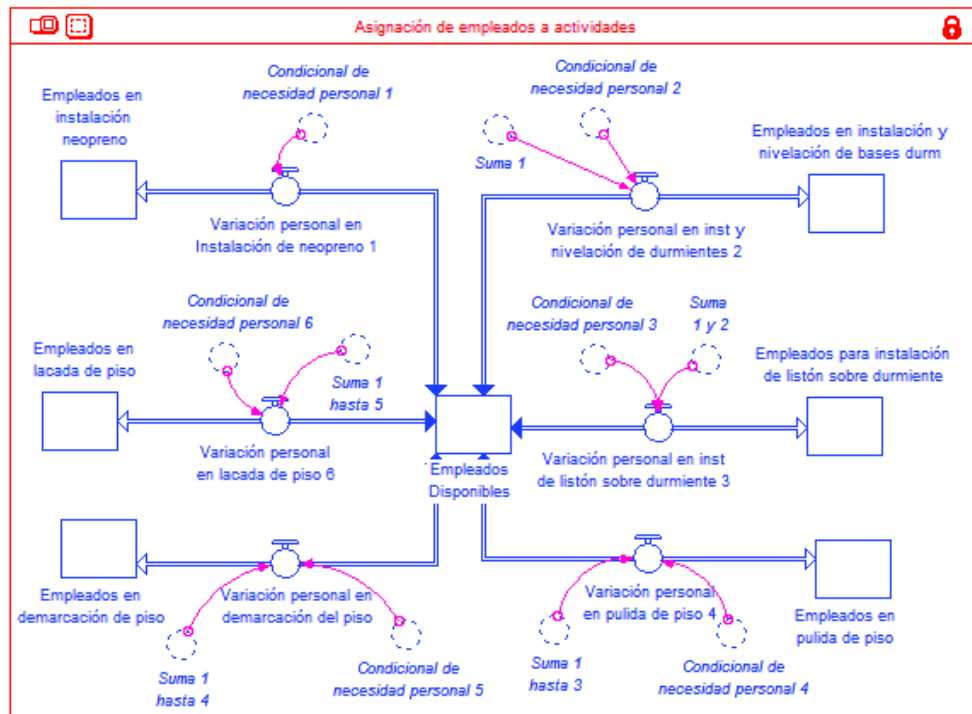


Ilustración 22: Sector de asignación de empleados. Fuente: Autor

Finalmente se muestra cómo se realiza la asignación del personal en las diferentes actividades. El número al final de los flujos que representan la variación de empleados en las diferentes actividades es el orden en la secuencia (donde el número 1 representa la primera actividad, el número 2 representa la segunda, etc.) Es importante mencionar que la variación en la asignación de las actividades para los empleados para el caso base se realiza mediante unos condicionales que reflejan la regla de decisión de precedencia. Es decir que los empleados se asignan en prioridad al orden de las actividades. La variable condicional de necesidad de personal representa cuántos empleados deberían estar siendo asignados/desasignados de la actividad específica en cada momento del tiempo.

6.3.3 Modelo de la importación e instalación de pistas automáticas para bolo

6.3.3.1 Descripción del funcionamiento del suministro e instalación de pistas automáticas para bolo:

Los productos de canchas de bolo funciona porque actualmente Pisel Ltda. lleva 25 años de representación en Colombia de la empresa más grande del mundo productora de canchas de bolo, QubicaAMF (Venegas, Introducción a Pisel, 2009). Esta multinacional ha instalado más de 10.000 boleras alrededor del mundo en más de 90 países (QubicaAmf). En Colombia se han instalado más de 100 líneas para diferentes clientes y en diferentes ciudades (Inciso 10.7 y 10.8).

Actualmente podría considerarse un deporte que requiere inversiones cuantiosas al compararse con los demás ya que el costo de la instalación de una sola pista puede ser de aproximadamente \$120 millones de pesos, el cual no incluye la construcción del local ni los productos adicionales (bolas, pines, zapatos). Es por esto que la cantidad de clientes es reducida y hasta el momento siempre han sido compañías grandes. A su vez la competencia en este producto es limitada ya que sólo hay otra persona en Colombia que cuenta con representación de la multinacional Brunswick, competencia directa de la QubicaAmf (Venegas Leyva, 2009).

Dado que la empresa no es la productora de la cancha de bolos, éstas se deben ordenar a la fábrica que queda en Estados Unidos en Richmond, Virginia. Según la empresa, el procedimiento que se lleva a cabo en el proceso de venta de una cancha de bolo después de que se ha confirmado el pago es el siguiente (Venegas, Funcionamiento de los productos ofrecidos, 2009):

Confirmación y envío del pedido a Puerto EEUU: una vez se confirme el pago de las pistas, la fábrica ordena el despacho del pedido hacia el puerto en Estados Unidos elegido por el cliente. Este tiempo de alistar el pedido y enviarlo al puerto en Miami, es bastante preciso (45 días). La carga se envía en contenedores de 20 y 40 pies por tierra.

Envío puerto EU a puerto Colombia: en este momento se contacta con la empresa encargada de enviar la mercancía por transporte marítimo. Esta formaliza los trámites para ingresarla a Colombia en donde la deja en puerto. Este tiempo de transporte aunque es bastante exacto.

Revisión por parte de la aduana (Nacionalización): en este instante se contrata con una agencia aduanera encargada de realizar los procedimientos para nacionalizar la mercancía. Es posible que la DIAN solicite una revisión de la mercancía y que se abran todos los contenedores.

Envío del puerto a Bogotá: para esto se contrata con una transportadora la cual traslada la mercancía desde el puerto de Buenaventura hacia el sitio de destino (usualmente Bogotá). El

tiempo de tránsito de la mercancía puede variar dependiendo del estado de las carreteras (derrumbes, cerramientos, etc.) aunque se puede establecer en 2 días.

Recepción de elementos: en este momento la empresa recibe los contenedores con la mercancía en el sitio de instalación (que debe estar adecuado previamente por el cliente). Para el descargue se tiene que realizar una revisión de la lista de envío (**packing list**) y a medida que se realiza el descargue se va ubicando los diferentes materiales en su posición de instalación. En algunos casos es necesario utilizar carros de carga o grúas por lo que toma tiempo dado el personal que esté disponible.

Instalación y nivelación de las bases: se realiza como primera operación ya que es sobre estas que se va a poner las láminas sintéticas y además porque van a ser el soporte de las canales. El tiempo de la instalación de las bases dependerá de cuánto personal esté asignado a esta operación.

Instalación de las pistas: una vez puestas las bases se puede proceder a instalar las pistas con todo su equipamiento: canales, tapa canales, radares, láminas sintéticas, etc. Este procedimiento se demorara dependiendo de la cantidad de empleados que estén colaborando con esto.

Instalación del sistema eléctrico: una vez ya están puestas las pistas, se procese a instalar el sistema eléctrico y de anotación, el cual le manda mensajes al control central y a la maquinaria en la parte de atrás para que realice sus funciones. La demora de este proceso dependerá de nuevo de la cantidad de personas que estén ayudando.

Etapas de pruebas: se debe contar con un tiempo adicional en el que se verifica que no existan faltas a último momento en que el trabajo necesite algún procedimiento adicional. Para esta operación no está relacionado la cantidad del personal ya que al final de la obra queda el supervisor únicamente el cual no es considerado empleado trabajador de planta.

6.3.3.2 *Modelo de simulación del funcionamiento del producto de suministro e instalación de pistas automáticas para bolo:*

i) Importación de las pistas sintéticas para bolo:

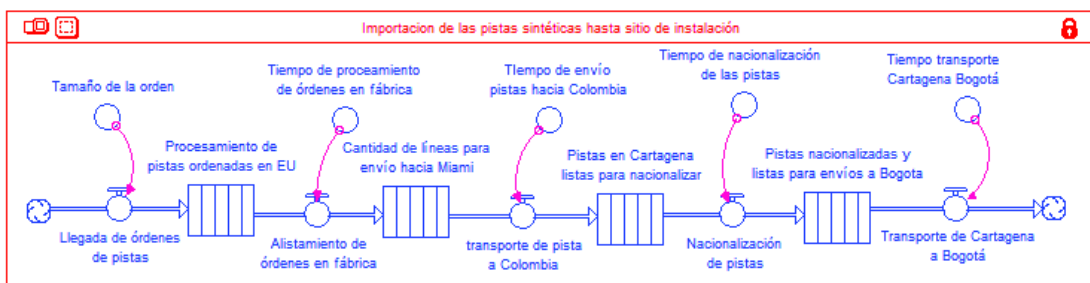


Ilustración 23: Sector de la importación y nacionalización de los equipos para bolo. Fuente: Autor

En este sector se describe cómo se realiza la importación y comercialización de los equipos para bolo, donde es necesario realizar actividades que toman bastante tiempo como el transporte y los procesos aduaneros. Finalmente la orden que viene en contenedores de 40 pies, llega a Bogotá al sitio de la instalación.

- ii) Instalación de los equipos y sus pruebas respectivas:

Ilustración 24: Sector para la instalación de equipos y sus respectivas pruebas

En la Ilustración 24 se muestra cómo se implementa en el programa la secuencia de actividades explicada en el Inciso anterior. Es importante resaltar que concretamente parte del modelo el indicador planteado en el Inciso 6.1.1 no es válido ya que la forma en la que las actividades transcurren se calcula en días de trabajo, no en una cantidad del trabajo pendiente. En otras palabras, mientras que en un piso se puede afirmar que un instalador realiza x metros de actividad al día, en el caso de los bolos no se puede afirmar que se realiza 0.2 de una pista de bolos. Resto, la forma de determinar el progreso de la actividad es calculando cuánto tiempo se demoran los instaladores en realizar la actividad para una orden de 8 pistas. Por esto el tiempo de la actividad para pistas sería:

$$I = \frac{6A}{Z} \hat{U} \% = J P @ @ E @ A J O K N @ A J E F \hat{E} E \hat{D} \# ? P E R \hat{E} @ \hat{D} @ A N @ Q ? P K O$$

⁶ Los tiempos se obtuvieron con base a la última instalación realizada en Compensar (2007).

