

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA VALORAR EL IMPACTO DE LOS
FACTORES PRODUCTIVOS ASOCIADOS A LA CAPACIDAD SOBRE EL NIVEL
DE SERVICIO DE UN RESTAURANTE DE FABRICACIÓN MASIVA**

SANTIAGO MORALES GONZÁLEZ

Cód.0743869

BRYAN ANDRÉS SANDOVAL FERRARO

Cód. 1039890



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2013

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA VALORAR EL IMPACTO DE LOS
FACTORES PRODUCTIVOS ASOCIADOS A LA CAPACIDAD SOBRE EL NIVEL
DE SERVICIO DE UN RESTAURANTE DE FABRICACIÓN MASIVA**

SANTIAGO MORALES GONZÁLEZ

Cód.0743869

BRYAN ANDRÉS SANDOVAL FERRARO

Cód. 1039890

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Director

Juan Pablo Orejuela, M. Sc. Ingeniería Industrial



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2013

NOTA DE ACEPTACIÓN

Juan Pablo Orejuela – DIRECTOR

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, Diciembre de 2013

DEDICATORIA

Completamente a mi mamá por ser quien hizo hasta lo imposible para apoyarme en la terminación de este capítulo en mi vida.

Bryan Andrés S.

A mis padres Rodrigo y Luz Myriam, a mi hermana María Fernanda y a todos mis demás familiares, compañeros y amigos que me han apoyado siempre.

Santiago Morales González

AGRADECIMIENTOS

Mi mamá fue y es mi principal apoyo en la vida por lo que mi agradecimiento puede quedar insuficiente en estas palabras; ¡¡GRACIAS MAMÁ!! Agradezco también a mi hermana Cynthia por aguantarme desde chiquito y animarme para que continúe con lo que deseo. Al resto de mi familia porque de alguna manera contribuyeron a lo que en este documento está escrito.

Muito obrigado con mi mompa por emprender conmigo este particular camino donde siempre logramos aprender grandes cosas para nuestras vidas. Al profe Orejuela quien nos dio la oportunidad y fue, más que un profesor y director, un padrino con quien pudimos despertar y fortalecer muchas de nuestras virtudes y capacidades. Desde luego agradezco a todos los profesores del programa de Ingeniería Industrial porque siempre buscaron crear una relación profesor-estudiante mucho más agradable a lo ordinario.

A mi amada Universidad del Valle, gracias por permitirme crecer en ella, descubriendo su Universalidad y enriqueciéndome personal y profesionalmente, ojalá quienes llegan sigan teniendo el mismo o un mayor aprecio por ella.

Bryan Andrés Sandoval Ferraro

Primero quiero agradecer a mis padres, quienes durante más de veintitrés años han dedicado, con inmensurable esfuerzo, parte de su vida a hacer de la mía y la de mis hermanas una llena de sabiduría, paz, crecimiento y felicidad.

Segundo a mi compañero y amigo Bryan, por el apoyo y aprendizaje constantes, a todos mis profesores y compañeros quienes me ayudaron a recorrer este el camino del aprendizaje y del crecimiento académico y personal. A ellos les doy las gracias especiales por permitirme contar con ellos no solo hoy sino también en el futuro.

También agradezco a las diferentes maravillosas personas que se han atravesado por mi camino y me han dejado una huella que me permite estar día a día buscando un futuro mejor no solo para mí sino para los que me rodean.

A todos gracias pues han contribuido a que cada pensamiento, cada palabra y cada acción que he realizado en este trabajo, hoy sea una realidad.

Santiago Morales González

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. ESTADO DEL ARTE	8
4.1. CAPACIDAD.....	11
4.2. PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD	11
4.3. GESTIÓN DE LA CAPACIDAD.....	12
4.4. GESTIÓN DE LA DEMANDA.....	12
4.5. CALIDAD DEL SERVICIO Y NIVEL DE SERVICIO	13
4.6. GESTIÓN DE LA CAPACIDAD Y LA DEMANDA	14
5. HEURÍSTICA.....	16
6. PROPUESTA METODOLÓGICA	19
6.1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA	19
6.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y FORMULACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	19
6.3. SELECCIÓN DEL SOFTWARE Y DESARROLLO COMPUTACIONAL DEL MODELO.....	20
6.4. VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	22
6.5. EJECUCIÓN DE SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	22

7.	PROPUESTA APLICADA AL CASO.....	24
7.1.	IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA	25
7.2.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y FORMULACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	34
7.3.	SELECCIÓN DEL SOFTWARE Y DESARROLLO COMPUTACIONAL DEL MODELO.....	36
7.4.	VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	46
7.5.	EJECUCIÓN DE SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
8.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	66
8.1.	ESCENARIO 1	67
8.2.	ESCENARIO 2	70
8.3.	ESCENARIO 3	74
8.4.	ESCENARIO 4	78
8.5.	ESCENARIO 5	81
9.	IMPLICACIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES	85
10.	CONCLUSIONES.....	86
11.	BIBLIOGRAFÍA	91
	ANEXOS	1

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Simuladores	21
Tabla 2: Menús representativos	28
Tabla 3: Máquinas Críticas.....	30
Tabla 4: Intervalos de Demanda	34
Tabla 5. Intervalos de Confianza del Promedio de Usuarios en Cola	50
Tabla 6: Intervalos de Confianza de Tiempo Promedio de Espera en Cola	51
Tabla 7: Intervalos de Confianza de la Ocupación Promedio de Sillas	52
Tabla 8: Intervalos de Confianza de la Utilización de Servidores	53
Tabla 9: Intervalos de Confianza del Promedio de Usuarios Atendidos.....	54
Tabla 10: Intervalos de Confianza de la Hora Promedio de Atención del último usuario.....	55
Tabla 11: Escenarios contemplados en el Análisis de sensibilidad	67
Tabla 12: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 1	68
Tabla 13: I.C. Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 1	68
Tabla 14: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 1	69
Tabla 15: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 1	70
Tabla 16: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 1.....	70
Tabla 17: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 2.....	71

Tabla 18: Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 2	72
Tabla 19: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 2	72
Tabla 20: I.C. Utilización de Servidores Escenario 2	73
Tabla 21: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 2	74
Tabla 22: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 2.....	74
Tabla 23: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 3.....	75
Tabla 24: I.C. Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 3.....	75
Tabla 25: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 3	76
Tabla 26: I.C. Utilización de Servidores Escenario 3.....	76
Tabla 27: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 3	77
Tabla 28: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 3.....	77
Tabla 29: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 4.....	78
Tabla 30: I.C. Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 4.....	79
Tabla 31: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 4	79
Tabla 32: I.C. Utilización de Servidores Escenario 4.....	80
Tabla 33: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 4	80
Tabla 34: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 4.....	81
Tabla 35: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 5.....	82
Tabla 36: I.C. Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 5.....	82

Tabla 37: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 5	83
Tabla 38: I.C. Utilización de Servidores Escenario 5	83
Tabla 39: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 5	84
Tabla 40: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 5.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relación entre la planificación de la capacidad y de producción.....	6
Figura 2: Algunos aspectos específicos del problema.....	8
Figura 3: Cantidad anual de artículos publicados en SCOPUS por palabra clave "restaurant management" 1980 -2012.....	9
Figura 4: Áreas temática en SCOPUS por palabras clave "restaurant management" 1980-2012	9
Figura 5. Artículos disponibles en las bases de datos 1981 – 2013	10
Figura 6. Representación Gráfica del Sistema Simulado	36
Figura 7: Modelo de simulación	38
Figura 8. Zona de Producción del Modelo de Simulación	40
Figura 9. Zona De Servicio del Modelo de Simulación	42
Figura 10. Comedor 1 del Modelo de Simulación	43
Figura 11: Demanda del Modelo de Simulación	44
Figura 12: Zona de Máquina Lavaplatos del Modelo de Simulación.	46
Figura 13: Comportamiento Usuarios en Cola y Tiempo de Espera Comedor 1 ...	57
Figura 14: Comportamiento Usuarios en Cola y Ocupación del Comedor 1	59
Figura 15: Comportamiento Usuarios en Cola y Tiempo de Espera Comedor 2 ...	60
Figura 16: Comportamiento Usuarios en Cola y Ocupación del Comedor 2	61

Figura 17. Comportamiento Usuarios en Cola y Tiempo de Espera Comedor 3 ...	62
Figura 18: Comportamiento Usuarios en Cola y Ocupación del Comedor 3	63
Figura 19: Comportamiento Usuarios en Cola y Tiempo de Espera Comedor 4 ...	64
Figura 20: Comportamiento Usuarios en Cola y Ocupación del Comedor 4	65

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Crecimiento de Demanda en la Universidad del Valle

Anexo B. Medidas de Desempeño del Modelo de Simulación

INTRODUCCIÓN

El entorno de negocios actual caracterizado por la alta presión competitiva generada por la globalización, los vertiginosos cambios tecnológicos y las exigencias de los clientes en aumento, hacen que el cumplimiento de los objetivos organizacionales, como elemento esencial para el desarrollo, crecimiento y éxito empresariales, sea una tarea cada vez más difícil de realizar.

La capacidad en las organizaciones de servicios puede definirse como la mayor cantidad posible de la producción que se puede obtener en un período específico de tiempo con un nivel predefinido de personal, instalaciones y equipos (Lovelock, 1992). El objetivo de la planeación estratégica de la capacidad consiste en proporcionar un modelo para determinar el nivel general de capacidad de los recursos intensivos en capital -instalaciones, equipo y magnitud de la fuerza total de trabajo- que mejor apoya a la estrategia competitiva a largo plazo de la compañía. El nivel de la capacidad elegido tiene un efecto importante en la velocidad de respuesta, la estructura del costo, políticas de inventario y necesidades de administración y apoyo de personal de la empresa (Chase, Aquilano, & Jacobs, 2005).

En organizaciones de servicios como los restaurantes, las decisiones de capacidad se toman desde varias perspectivas estratégicas. Desde una perspectiva de mercadeo, las organizaciones a menudo establecen el nivel de capacidad que puede asegurar una calidad y nivel de servicio altos. Por otro lado, desde la perspectiva de las operaciones, las organizaciones de servicio, tales como los restaurantes de comidas rápidas y los proveedores del cuidado de la salud, tienden a escoger un nivel de capacidad que minimice los costos del sistema sin disminuir los ingresos y la calidad del sistema (Johye Hwang, Gao, & Jang, 2010).

Es importante mencionar que la presente propuesta utiliza como punto de partida el trabajo de grado titulado “Propuesta metodológica para la estimación de la capacidad de producción un restaurante de fabricación masiva” elaborado por Luis Eduardo Giraldo y Marco Antonio Salcedo, egresados del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle.

Por otro lado, el presente documento muestra una propuesta metodológica que permite a los administradores de restaurantes tomar decisiones más efectivas, establecer mejores niveles de capacidad que se ajusten a las necesidades de la organización y procuren tanto la satisfacción del cliente como la consecución de los objetivos de la empresa, en situaciones en las se evidencien los factores productivos ineficientes, el bajo nivel de servicio y el rendimiento negativo de la organización.

Esto se pretende llevar a cabo mediante la identificación de los factores productivos del sistema, junto con la formulación de un modelo que permita cuantificar el impacto de estos factores sobre el nivel de servicio y de esta manera sentar las bases para seleccionar el método de validación de la propuesta.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los elementos más importantes y prioritarios que los administradores de operaciones de las compañías de servicios deben establecer es la capacidad. Lovelock (1992) definió la capacidad en las organizaciones de servicios como la mayor cantidad posible de la producción que se puede obtener en un período específico de tiempo con un nivel predefinido de personal, instalaciones y equipos (J Hwang & Lambert, 2008a).

La determinación del nivel de capacidad en una organización de servicios tiene una incidencia fundamental en el comportamiento real del sistema, puesto que de ella depende si se cumplen o no, las expectativas que los clientes, e incluso los mismos administradores de la organización, se han formulado inicialmente. Sin embargo, dicha determinación debería estar acompañada por un análisis detallado de los factores que intervienen en el proceso productivo y que pueden modificar el comportamiento del sistema. Es decir, al establecer las interrelaciones existentes entre los factores y sus influencias en el nivel de servicio se puede tener un mejor control sobre el sistema en su conjunto, por ejemplo, conocer el número adecuado de servidores que una empresa de servicios debe tener para la atención en el momento de mayor congestión de la jornada, facilitaría que el tiempo de espera promedio diario de la empresa no presente gran variabilidad y así no afecte la percepción del cliente hacia el servicio. Sin embargo, si adicionalmente se pueden conocer las relaciones entre el número de servidores y la disponibilidad de asientos, los hornos requeridos o cualquier otro recurso, se puede obtener un enfoque de sistemas integrado de los factores en el frente de la casa (en inglés, *front-of-the house*) y en la parte trasera de la casa (en inglés, *back-of-the house*), más efectivo (J Hwang & Lambert, 2008a). Omitir dicho análisis podría llevar a que se presenten, en determinados períodos de tiempo, situaciones extremas como holguras o saturaciones en el sistema, sin que los administradores lo prevean.

Así, debido a un nivel de capacidad excesivo, la organización puede tener que reducir sus precios para estimular la demanda, incurrir en costos de ociosidad en la mano de obra y el equipo, y sus correspondientes costos de oportunidad (Dominguez Machuca & González García, 1995). En el caso de los restaurantes, con un nivel de capacidad deficiente, los clientes se ven obligados a esperar; así se producen colas de espera, las cuales afectan negativamente el nivel de servicio y la satisfacción del cliente (Corsten & Stuhlmann, 1998a). Evidenciando así las relaciones existentes entre la ineficiencia de algunos de los factores productivos, el mal cubrimiento de la demanda y el rendimiento negativo de la organización.

Según lo expuesto anteriormente, los administradores de restaurantes que poseen un amplio y detallado conocimiento sobre los factores productivos y sus efectos sobre el nivel de servicio, pueden tomar decisiones más efectivas y establecer mejores niveles de capacidad que se ajusten a las necesidades de la compañía y procuren la satisfacción del cliente y la consecución de los objetivos de la empresa.

Por lo tanto, el presente proyecto busca responder a la pregunta ¿Cómo valorar el impacto de los factores productivos asociados a la capacidad sobre el nivel de servicio de un restaurante de fabricación masiva?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta metodológica que permita valorar el impacto de los factores productivos asociados a la capacidad sobre el nivel de servicio de un restaurante de fabricación masiva, con el fin de mejorar la satisfacción del cliente.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores productivos asociados a la capacidad del sistema mediante el establecimiento de sus interrelaciones e influencias sobre el nivel de servicio.
- Formular un modelo que permita realizar la cuantificación de los impactos de los factores sobre el nivel de servicio a través de la definición de reglas de representación y de la estructura interna.
- Realizar la validación del modelo que permita el desarrollo de análisis de sensibilidad y el planteamiento de recomendaciones de intervención al sistema mediante funciones de utilidad.

3. JUSTIFICACIÓN

El problema de la planificación y control de la capacidad constituye un proceso único (Dominguez Machuca & González García, 1995) en las organizaciones puesto que cada empresa tiene sus propios elementos y particularidades, lo cual hace pensar en la dificultad que se presenta al tratar de duplicarlo en otra. A su vez está compuesto de una serie de fases inseparables: las acciones a largo plazo, medio y muy corto plazo dependen las unas de otras, así como de los diferentes niveles de planificación y control de la producción (Dominguez Machuca & González García, 1995). (Ver Figura 1).

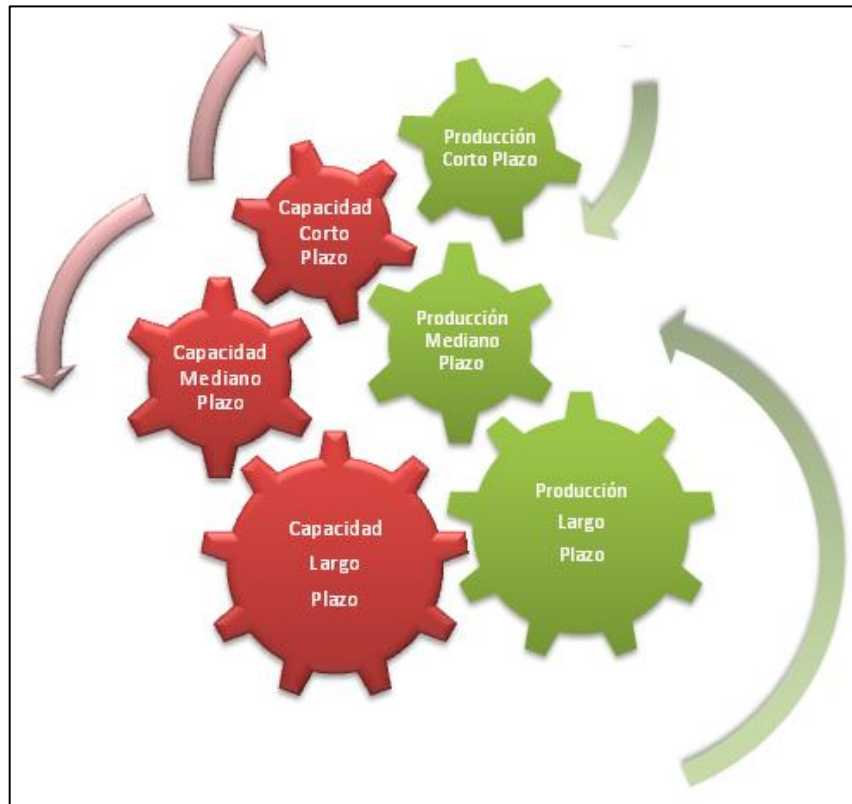


Figura 1: Relación entre la planificación de la capacidad y de producción

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, el problema de la planificación y control de la producción se reconoce como un problema complejo dentro de las organizaciones dado que involucra la asignación de recursos escasos para lograr la satisfacción del cliente (Osorio & Motoa, 2008), por lo que la planificación y control de la capacidad también se convierte en un tema complejo que requiere de estudio.

Por otro lado, desde el punto de vista sistémico, el desempeño global de la empresa puede verse afectado severamente por un manejo inadecuado de los factores productivos asociados a la capacidad, específicamente cuando los administradores de las organizaciones se ven enfrentados a la toma de decisiones, bajo ambientes dinámicos y de incertidumbre, .

Entonces, se busca con esta propuesta metodológica que dichas decisiones se basen en el comportamiento conjunto del sistema y no en el desempeño individual de sus factores productivos.

Por lo tanto, se hace necesaria una valoración integral de los impactos de los factores productivos asociados directamente a la capacidad sobre el nivel de servicio de un restaurante de fabricación masiva que sumada a un esfuerzo por el cumplimiento de los objetivos organizacionales, generará una mayor satisfacción de las expectativas de los clientes de una manera más eficiente.

4. ESTADO DEL ARTE

Básicamente, el propósito de este proyecto es valorar el impacto de algunos factores productivos asociados a la capacidad sobre el nivel de servicio en un restaurante. Existen diferentes investigaciones relevantes frente a aspectos específicos del problema (Ver Figura 2). La literatura asociada enmarcada en los restaurantes será revisada en esta sección.

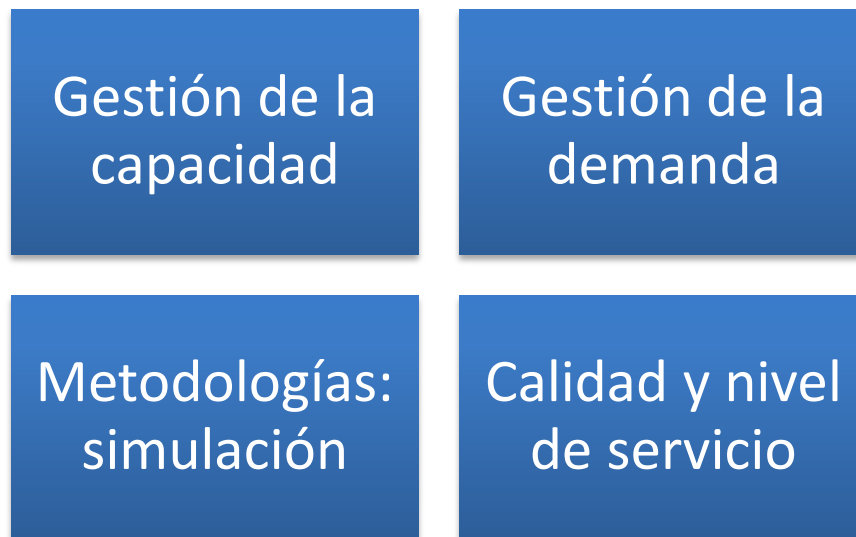


Figura 2: Algunos aspectos específicos del problema

Fuente: Elaboración Propia

Los servicios y en especial los de restaurante, han sido un objeto de investigación desde hace varios años con diferentes perspectivas y enfoques (Ver Figuras 3 y 4).

Según la revisión realizada, como se puede apreciar en la Figura 3, la actividad investigativa no superaba las 5 publicaciones por año en el tema 'restaurant management, desde 1980 hasta 2002. A partir de 2003 hay un incremento importante en el volumen hasta llegar al 2012 con un promedio de 17 publicaciones anuales sobre el tema.

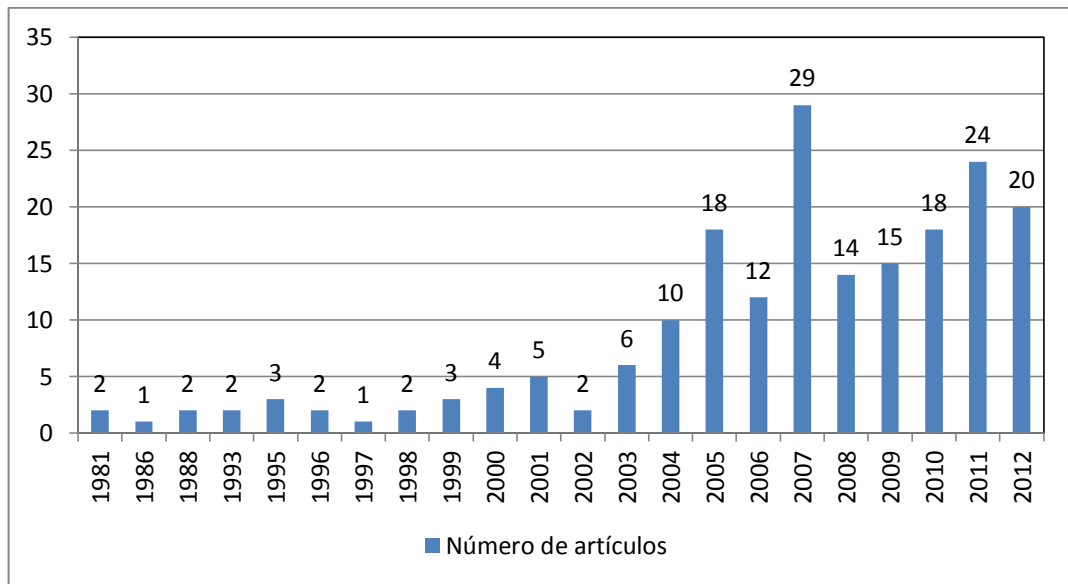


Figura 3: Cantidad anual de artículos publicados en SCOPUS por palabra clave "restaurant management" 1980-2012

Fuente: Elaboración propia

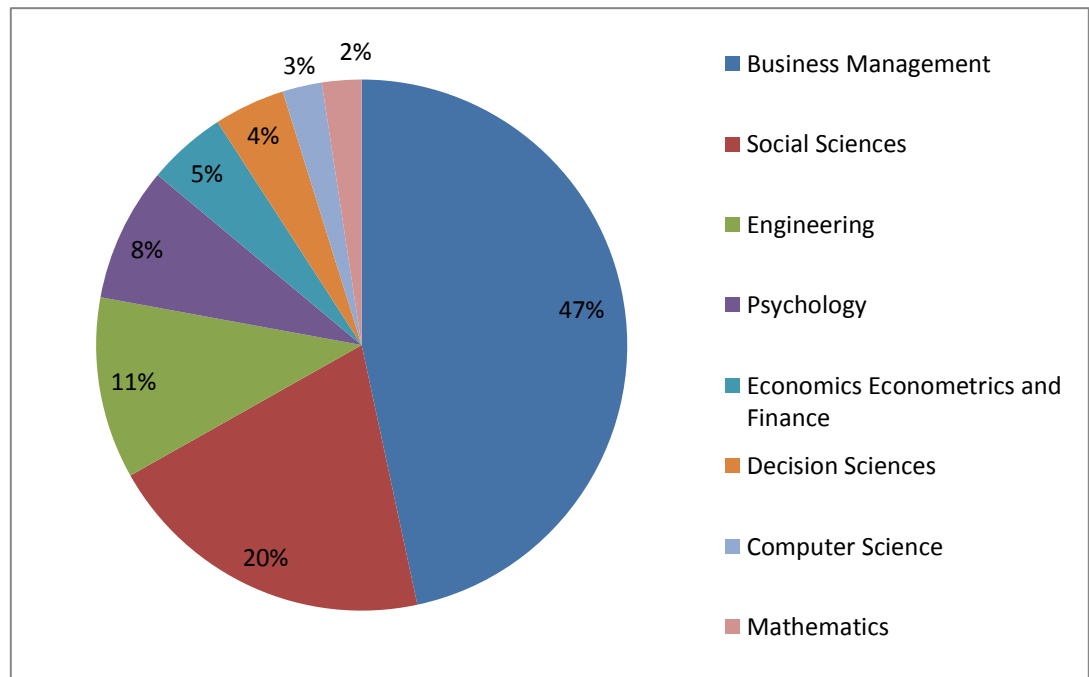


Figura 4: Áreas temática en SCOPUS por palabras clave "restaurant management" 1980-2012

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, las publicaciones disponibles¹ (Figura 5) tienen un comportamiento similar. En los inicios de la década de los 80's y 90's se presentan solo investigaciones centradas en la simulación, sin embargo a partir de mediados de la década de los 90's surgen de forma casi ininterrumpida las investigaciones desde la perspectiva de la gestión de la capacidad y de la calidad en el servicio. Por su parte la gestión de la demanda se da esporádicamente a partir de 2002, de la misma forma, la simulación a partir de 2004.

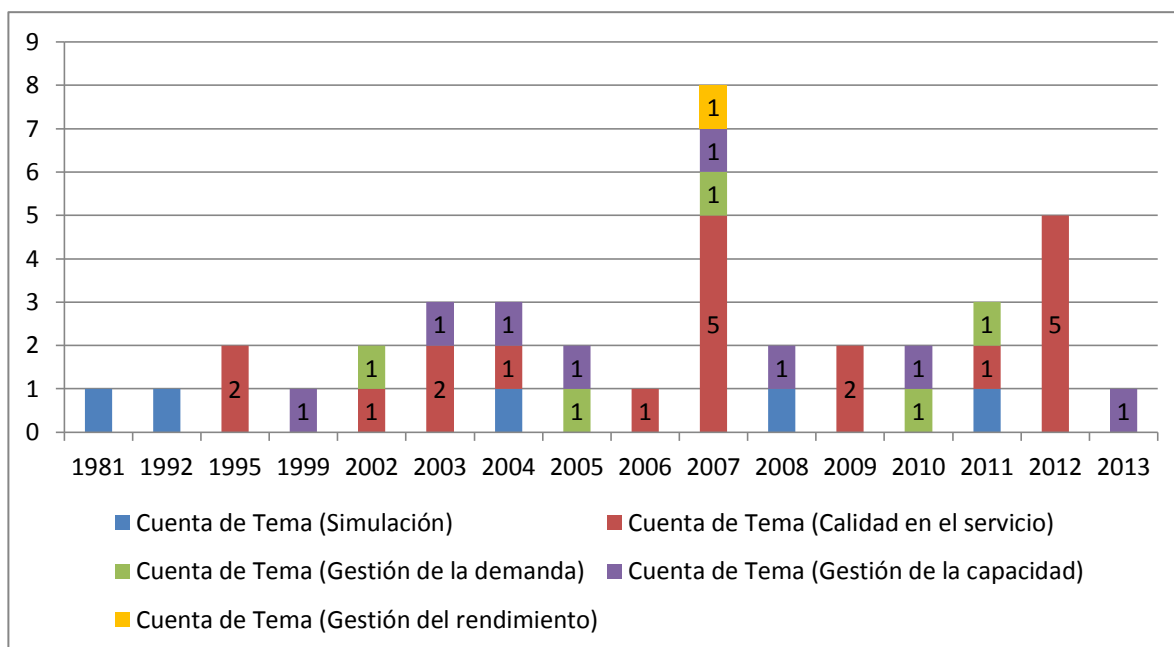


Figura 5. Artículos disponibles en las bases de datos 1981 – 2013

Fuente: Elaboración propia

Sin duda alguna, el corpus teórico disponible está dominado por las investigaciones sobre la calidad en el servicio y la gestión de la demanda y capacidad, en donde se destacan las investigaciones realizadas en 2007 y 2012, en términos de volumen.

¹ La palabra disponible hace referencia a aquellos documentos que tienen acceso al texto completo en las bases de datos consultadas.

4.1. CAPACIDAD

Según Kern (1962) la capacidad puede ser interpretada como el desempeño de una unidad económica o técnica - sin importar el tipo, tamaño y estructura- en un periodo de tiempo (Corsten & Stuhlmann, 1998b).

Según Lovelock (1992) la capacidad en el sector de servicios ha sido definida como la mayor cantidad de salida posible que puede ser obtenida un periodo de tiempo específico con un nivel predefinido de *empleados, instalaciones y equipo* (J Hwang & Lambert, 2008b). Por lo tanto, según Lovelock (1992) y Klanssen (2001), la capacidad total de un servicio es una función de varios factores, incluyendo el espacio disponible para construir y mantener una operación, los recursos físicos y no físicos necesarios para ejecutar el servicio ofrecido, y el tiempo asignado para proveer el servicio (Victoria Rohlfs, 2009).

4.2. PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD

En términos generales, según Bahl (1987), la planeación de la capacidad implica determinar el perfil de oferta de una empresa con el fin de acomodar a los clientes esperados. Esta planeación a largo plazo ocurre en las primeras etapas de construcción o remodelación de una empresa. También, según Olhager et al. (2001), lo hace durante todo el tiempo de vida de una operación en curso. El objetivo de la planeación de la capacidad, según Eppen et al. (1989), es establecer los tipos y niveles apropiados de oferta que minimicen los costos de operación en un negocio al tiempo que se satisface la demanda de bienes o servicios (Victoria Rohlfs, 2009).

Según Fine (1990) y Bish (2004) la planeación de la capacidad es a menudo clasificada como la primera etapa de un problema de decisión estocástico de dos etapas. En esta etapa, según Dangl (1999), una empresa toma riesgos a largo

plazo y decisiones de inversión costosas basada en pronósticos de demanda inciertos y expectativas vagas de las condiciones de operación en el futuro. La segunda etapa del problema de decisión estocástico es la gestión de la capacidad (Victoria Rohlf, 2009) y será tratada más adelante.

4.3. GESTIÓN DE LA CAPACIDAD

Según Freund (1990), van Mieghen (1998) y Bish (2004), la gestión de la capacidad es considerada la segunda etapa del problema de decisión estocástico de dos etapas que es usado a menudo para modelar la inversión de recursos y la ejecución. La literatura en gestión de la capacidad se enfoca en la oferta establecida en la fase de planeación para producir eficiente y rentablemente bienes o servicios una vez se da la demanda. La investigación tradicional de la gestión de la capacidad se concentra en problemas de manufactura tales como problemas de secuenciación (Karmakar, 1987), tamaños de lote (Karmakar, 1987) y planeación de los requerimientos de material (Billington et al., 1983) - citado por (Victoria Rohlf, 2009).

4.4. GESTIÓN DE LA DEMANDA

Según Shemwell (1994) y Klassen (2001), la práctica de la gestión de la demanda se ocupa de la influencia de los tipos y tiempos de solicitudes para los servicios y esencialmente implica moldear la demanda a periodos y productos que son más rentables para la operación o menos impositivos para el sistema de operación. Rhyne (1998) argumenta que estas prácticas son a menudo usadas reactivamente, cuando la demanda excede la oferta, resultando en una productividad del mercado, calidad, y descensos de los beneficios. Saaser (1976) por su parte, argumenta que también son usadas proactivamente, proporcionando a los operadores más control sobre el proceso de servicio. Lovelock (1984) y Rhyne (1998) coinciden en que la clave de la gestión de la

demanda son los pronósticos precisos para maximizar la predictibilidad y minimizar la variabilidad explicable en los periodos de picos, valles y fuera de pico (Victoria Rohlf, 2009).

4.5. CALIDAD DEL SERVICIO Y NIVEL DE SERVICIO

La calidad del servicio es esencial para el éxito a largo plazo de las compañías de servicios, así como los clientes satisfechos son un componente necesario para una compañía rentable (J Hwang & Lambert, 2008a).

Worsfold y Jameson (1991) explican que, de las variables fundamentales que contribuyen a la satisfacción del cliente en un restaurante – calidad de la comida, ambiente y servicio-, las dos últimas pueden ser fácilmente mejoradas, sin embargo, es el servicio el elemento que puede proveer a las organizaciones una ventaja competitiva sostenible (Lee & Hing, 1995).

Por su parte, la definición clásica de manufactura del nivel de servicio es el porcentaje de órdenes que pueden ser entregadas o implementadas antes del tiempo de entrega garantizado o lead time (Qian, 2011). Sin embargo, el nivel de servicio en un restaurante es usualmente especificado como el tiempo de espera promedio en el estado estable o como un percentil (ej. 95%) dado de la distribución del tiempo de espera (Johye Hwang et al., 2010). Este último es un estándar que el restaurante debe cumplir y al tiempo constituye una medida de desempeño para el sistema.

Así, las expectativas de los clientes para el nivel de servicio deberían ser derivadas para identificar los requerimientos de capacidad. Identificar un nivel de servicio que cumpla con las expectativas de los clientes, y lograrlo mediante la gestión de la capacidad es una manera de mejorar la calidad del servicio al cliente (J Hwang & Lambert, 2008a).

4.6. GESTIÓN DE LA CAPACIDAD Y LA DEMANDA

Para organizaciones orientadas al servicio, incluyendo industrias del servicio – tales como transporte, viajes y alojamiento, comida, comunicaciones, entretenimiento y servicios personales- así como también cualquier tipo de comercialización, la habilidad para ajustar la capacidad disponible con la demanda actual puede ser un gran determinante del éxito (Bitran & Mondschein, 1997).

Según Davis (1991) y Kurt (1998), en organizaciones de servicios, las decisiones de capacidad se hacen desde diferentes perspectivas estratégicas. Desde una *perspectiva de mercadeo*, las organizaciones suelen definir un nivel de capacidad que pueda asegurar una alta calidad en el servicio. El nivel de servicio a menudo es especificado como el tiempo de espera promedio en el estado estable o como un percentil dado (por ejemplo, 95%) de la distribución del tiempo de espera. Por otro lado, desde una perspectiva de operaciones, las organizaciones de servicios, tales como restaurantes de comidas rápidas y proveedores del cuidado de la salud, tienden a escoger un nivel de capacidad que minimice los costos del sistema sin reducir los ingresos y la calidad del sistema (Johye Hwang et al., 2010).

Hwang (2010) propone un marco de trabajo para comparar el rendimiento de diferentes estrategias competitivas definidas por los administradores de restaurantes. La primera es una estrategia de minimización de costos, denominada Estrategia de Operaciones (EO), en la cual un administrador intenta minimizar el costo total ajustando la capacidad y los precios. La segunda es una estrategia de maximización de los ingresos, llamada estrategia de mercadeo (EM), en la cual un administrador trata de maximizar los ingresos menos el costo variable de incrementar la capacidad para atraer clientes y manipular los precios. La tercera es una estrategia conjunta (EC) en la cual un administrador trata de maximizar las ganancias balanceando los ingresos y los costos desde las perspectivas de mercadeo y operaciones. La cuarta es una estrategia de precio

fijo (EF) en la cual el administrador intenta maximizar las ganancias sin cambiar el precio (Johye Hwang et al., 2010).

Por su parte, Rhyne (1998), Crandall (1996) y Pullman (2003) coinciden en que gracias a la interacción instantánea entre la demanda y la oferta en las empresas de servicios, se recomienda un enfoque de sistemas para administrar la capacidad, con el propósito de balancear los potencialmente conflictivos objetivos de demanda y oferta. Según Rhyne (1998), Showalter (1991) y Klassen (2001) un sistema de servicios está expuesto directamente a fluctuaciones de la demanda, mientras que la operación eficiente del sistema impacta directamente las percepciones del cliente del resultado del servicio y la demanda futura (Victoria Rohlf, 2009).

5. HEURÍSTICA

El presente proyecto fue antecedido por la investigación realizada por (Salcedo & Giraldo, 2010) en el cuál a través de la utilización y posterior formulación de un modelo de Programación Lineal se midió la capacidad instalada de un restaurante de fabricación masiva optimizando la cantidad de almuerzos que se sirven durante el periodo de servicio; es decir que se planteó una función objetivo que facilitara la obtención de información para la toma de decisiones, teniendo un grado razonable de certidumbre. Por otra parte, la investigación que se describe en el presente documento abarcó un ambiente con gran incertidumbre por lo que la utilización exclusiva de modelos matemáticos de programación lineal, programación entera o programación no lineal no era justificable.

De esta manera las alternativas posibles que permitirían el correcto desarrollo de la metodología que se propuso estaban compuestas por distintos métodos analíticos como las cadenas de Markov y la teoría de colas, y una herramienta importante de investigación de operaciones como lo es la simulación.

Las cadenas de Markov, a través del uso de los procesos de decisión markovianos permiten conocer la probabilidad de que el sistema esté en cierto estado a futuro dependiendo estrictamente del estado actual del proceso, despreciando los eventos ocurridos en el pasado; lo que conduce a la omisión de las relaciones conjuntas que poseen los elementos del sistema al enfocarse en estados finitos de elementos específicos. Además las medidas de desempeño (costo promedio esperado por unidad de tiempo y costo total esperado) comúnmente utilizadas en éste tipo de técnica no favorecerían el correcto cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

La teoría de colas sirven de apoyo a la estructuración de análisis de sistemas complejos, ya que permite a través de su metodología la obtención de información en las distintas líneas de espera presentes en un sistema, inclusive en muchos casos las medidas de desempeño utilizadas en la teoría de colas se refuerzan al

momento de utilizar métodos que permiten abordar sistemas de mayor complejidad. Sin embargo, debido a que la teoría se basa en la formulación de modelos matemáticos que tienen por objetivo representar la operación de la cola y obtener ciertas medidas de desempeño, en ocasiones se tiende a la pérdida de representación y aumento de complejidad de lo que se quiere estudiar, por lo que es necesario recurrir a representaciones gráficas y utilización de herramientas que permitan simular la operación del sistema.

Por otra parte, la simulación permite imitar la operación de un proceso o sistema completo (HILLIER & LIEBERMAN, 2006. p. 930), registrando el desempeño de la misma a través de varias alternativas de diseño o procedimientos de operación, lo cual permite evaluar y comparar dichas alternativas antes de elegir una. Esto es posible debido a que mediante el uso de distribuciones de probabilidades se pueden generar aleatoriamente los eventos que ocurren en el sistema, permitiendo apreciar los cambios ocasionados en distintos elementos que componen el sistema en un mismo periodo de tiempo.

De acuerdo a lo anterior, los métodos analíticos permiten examinar las relaciones causa-efecto para una optimización global específica con su respectivo análisis de sensibilidad; sin embargo, como regularmente el modelo matemático del método analítico no capta todas las características importantes del sistema, la utilización de la simulación ayuda a la incorporación de dichas características para obtener información detallada de las medidas de desempeños de ciertos factores relevantes en el funcionamiento definitivo del sistema (HILLIER & LIEBERMAN, 2006. p. 992). Así, la simulación es una alternativa cuando el sistema es demasiado complejo para que su análisis con los modelos analíticos sea satisfactorio.

Debido a que los restaurantes operan como sistemas estocásticos, los cuales tienen un comportamiento probabilístico a través del tiempo de forma continua o discreta (HILLIER & LIEBERMAN, 2006. p. 931), siendo el caso particular un

comportamiento de forma discreta, la utilización de herramientas flexibles como la simulación facilita sintetizar su comportamiento a través de la construcción de cada componente y cada evento que ocurre en éste. Específicamente, la simulación de eventos discretos es la metodología más eficiente para el desarrollo del proyecto ya que favorece las particularidades del tipo de sistema objeto de estudio y la valoración de los impactos de los factores productivos asociados a la capacidad sobre el nivel de servicio de un restaurante de fabricación masiva.

6. PROPUESTA METODOLÓGICA

Para llevar a cabo la simulación, como propuesta de solución al problema descrito y en cumplimiento de los objetivos planteados; se enumeran las siguientes etapas que son necesarias para la aplicación de la simulación en el desarrollo del proyecto, con base en los pasos típicos que incluye un estudio basado en la simulación:

6.1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA

Se debe realizar una breve descripción de los componentes representativos durante el proceso productivo del sistema, puntualizando cuáles son los factores productivos y realizando una descripción de éstos. Adicionalmente, es importante identificar o, si es necesario, definir qué medidas de desempeño del sistema son de interés para la correcta valoración de los impactos generados por los factores productivos sobre el nivel de servicio.

6.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y FORMULACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

La recolección de los datos claves para realizar una simulación, dispone de tres métodos principales que podrían facilitar a futuro mayor exactitud en el desempeño del sistema simulado:

- i. *Observación directa:* Se realiza cuando se dispone de una versión existente del sistema bajo estudio, o un sistema similar. Si la recolección de datos es por éste método; inicialmente se debe estimar la distribución de probabilidad a la que se asemejan los datos y luego generar una serie de observaciones aleatorias.

- ii. *Estudios de tiempo*: Esta fuente es utilizada cuando no se dispone de un sistema similar al que se pretende simular, pero se dispone de información sobre trabajos de análisis en la fabricación o prestación de productos o servicios similares al que el sistema simulado desarrollará.
- iii. *Entrevistas con expertos*: A través de la experiencia obtenida por personas que han realizado o tenido relación con sistemas u operaciones similares, se puede recolectar una cantidad suficiente de información que permita alimentar el modelo del sistema simulado.

La formulación del modelo, regularmente se realiza de manera inicial a través de una representación gráfica en la que se pueda observar el enlace entre los componentes del sistema; herramientas útiles son los diagramas de bloques o diagramas de flujo (Fullana Belda & Urquía Grande, 2009).

6.3. SELECCIÓN DEL SOFTWARE Y DESARROLLO COMPUTACIONAL DEL MODELO

Debido a la tipología del sistema objeto de estudio, la cantidad de tiempo requerido para la programación, la cantidad de eventos que pueden ocurrir durante la simulación, entre otros aspectos; los software adecuados para desarrollar el modelo están diferenciados en cuatro clases (HILLIER & LIEBERMAN, 2006. pp. 956-957), en las que algunas integran de forma más compleja las funciones de otras:

- i. *Hoja de Cálculo*: Permite simulaciones rápidas y sencillas, cuando el sistema estudiado es relativamente simple.
- ii. *Lenguaje de Programación de propósito general*: Tienen gran flexibilidad para programar cualquier tipo de simulación, sin embargo el tiempo

requerido para la programación en ocasiones puede exceder el tiempo disponible para la realización del proyecto.

- iii. *Lenguaje de Simulación de propósito general*: Poseen herramientas que permiten facilitar la modificación de un modelo de simulación después que éste se construye inicialmente, aunque se requiere de cierto grado de experiencia.
- iv. *Simuladores*: Permite simular tipos específicos de sistemas, a través de la construcción de un programa de simulación mediante menús y gráficos sin necesidad de programar.

Teniendo en cuenta tanto la complejidad de los Restaurantes de Fabricación masiva como la necesidad de facilitar a los administradores la clara visualización del sistema simulado, la alternativa idónea para lograr los objetivos del proyecto son los Simuladores entre los cuales existen distintos paquetes de software individuales como:

Producto	Empresa	Página web
Promodel	Promodel Corp.	www.promodel.com
Arena	Rockwell software	www.rockwellsoftware.com
Automod	Autosimulations, Inc	www.autosim.com
Simul8	Simul8 Corp.	www.simul8.com
Witness	LannerGroup	www.lanner.com
Taylor II	F&H Simulations	www.taylor-ed.com

Tabla 1: Simuladores

Fuente: Elaboración Propia

6.4. VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Luego de construir el modelo de simulación en el software, es necesario probar si éste proporciona resultados válidos respecto al sistema real. Específicamente, se comparan los valores obtenidos en las medidas de desempeño de la simulación con los datos de desempeño del sistema real (las cuales se han identificado o definido en la etapa 1 de la propuesta diseñada), en donde se debe apreciar una aproximación cercana entre dichas medidas.

6.5. EJECUCIÓN DE SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante esta etapa se debe inicialmente, a través de los resultados obtenidos anteriormente, determinar configuraciones específicas del sistema a simular y finalmente utilizar los resultados definitivos para realizar las recomendaciones a la administración:

- i. *Selección del tipo de simulación:* Existen dos tipos de simulaciones en la literatura. Se trata de las simulaciones terminales y las de estado estable. Las primeras hacen referencia a aquellas simulaciones que, por la naturaleza del proceso mismo a simular, terminan en un periodo de tiempo específico o un evento en particular. Por ejemplo, se quiere simular un banco que abre desde las 9:00am hasta las 5:00pm, pero cierra solamente hasta que el último cliente es atendido. Por su parte, las segundas hacen referencia a aquellas simulaciones de sistemas que alcanzan un estado estable o 'no terminan' de manera natural. Por ejemplo, la producción de azúcar de caña es un proceso continuo que alcanza un estado estable de producción. Al final la escogencia del tipo de simulación obedece a la naturaleza del proceso y los objetivos de la simulación.

- ii. *Planeación de las simulaciones a realizar:* En ésta actividad se requiere determinar cuál es la longitud del periodo de calentamiento de la simulación,

es decir una condición estable antes de poder obtener una recolección de datos confiable. Adicionalmente, y después de determinar el periodo de calentamiento, se debe establecer la longitud de la corrida de la simulación o el tiempo total simulado en el sistema para así llevar a cabo la ejecución plena de la simulación del sistema representado.

- iii. *Resultados y Recomendaciones:* Debido a que los datos que proporciona la ejecución o corrida de la simulación, son estimaciones puntuales de cada medida de desempeño; es necesario obtener un intervalo de confianza para indicar los valores probables que puede tomar la medida. A partir de esto es factible la formulación de distintos escenarios, a través de la realización de modificaciones en algunos parámetros definidos al inicio de la construcción del modelo de simulación, con el fin de indicar que tipo de configuración del Restaurante de Fabricación Masiva es superior a otras y así facilitar las recomendaciones hacia los administradores sobre las decisiones más oportunas que pueden tomar sobre el sistema productivo.

7. PROPUESTA APLICADA AL CASO

Caso Estudio: Restaurante Universitario de la Universidad del Valle

La Universidad del Valle es una Institución Pública de Educación Superior que cuenta con una población estudiantil de aproximadamente 27000 estudiantes², de los cuales cerca de 15000 (según información suministrada por la Sección de Restaurante) utilizan, al menos una vez a la semana, el servicio proporcionado por el Restaurante Universitario.

El Restaurante de la Universidad del Valle ofrece un servicio de alimentación a toda la comunidad universitaria (Estudiantes, Profesores y Trabajadores), siendo además administrado por personal vinculado directamente con la Universidad; lo que hace de éste, agregando las características intrínsecas de los restaurantes, un sistema muy particular de gestión³.

El Restaurante Universitario cuenta con 4 comedores, y dos puntos de servicios externos. El horario de atención es desde las 11:30 am hasta las 2:30 pm, y el acceso al servicio se garantiza a través de la utilización del carné universitario (para los estudiantes) y/o el carné laboral (para los trabajadores); adicionalmente se debe realizar el pago correspondiente que oscila entre \$0 y \$2600, de acuerdo al tipo de vinculación que se tenga con la universidad.

Debido a que la mayor parte de la comunidad estudiantil procede de los estratos 1, 2 y 3, el Restaurante Universidad ha tomado una gran relevancia a través del apoyo nutricional que ofrece y se ha convertido en factor clave para la

²Disponible en:

http://www.universidad.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3575:80-ies-tienen-menos-de-mil-estudiantes&catid=16:noticias&Itemid=198, consultado el 14 de Abril de 2013.

³Disponible en:

http://gicuv.univalle.edu.co/09_mision_vision_estructura_estrategica/vision_mision_estructura_estrategica.html, consultado el 14 de Abril de 2013.

permanencia del estudiantado en su avance académico. Debido a esto el proceso que asume el Restaurante es considerado un Subproceso Misional de la institución⁴. Sin embargo, a través del tiempo el incremento de la población estudiantil, y por ende el aumento de usuarios por día, entre otras ha causado que se presenten con mayor frecuencia situaciones de congestión durante el periodo de funcionamiento del sistema, generando altos niveles de insatisfacción en sus clientes.

A través del desarrollo de la propuesta metodológica descrita en el capítulo anterior, se valoró cuáles fueron los impactos generados sobre el nivel de servicio por los factores productivos asociados a la capacidad del Restaurante con el fin de ofrecerle alternativas a la administración para reducir los niveles de insatisfacción de los clientes.

7.1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA

El Restaurante Universitario es un sistema de producción mixto en el cual se identifican dos áreas principales; la primera es el área de producción (o *back-of-the-house*) del producto que se ofrece, donde se realiza la transformación de las materias primas y la elaboración de los componentes requeridos; y la segunda es el área de servicio (ó *front-of-the-house*) en donde llegan los usuarios formando la respectiva fila de espera hasta que se les realiza la entrega del producto (almuerzo) por parte de los servidores definidos por la administración del restaurante. Existen ciertos factores, presentes tanto en el área productiva como en el área de servicio, que ocasionan que el ambiente y las características de funcionamiento del sistema se diferencien plenamente de sistemas con comportamientos similares.

⁴Disponible en: http://gicuv.univalle.edu.co/01_Procesos_y_Formatos/_/07-desarrollo-humano-y-bienestar.html, consultado el 16 de Abril de 2013

(Ruiz, 2007) llevó a cabo la identificación y el análisis de los factores representativos presentes en el Sistema Restaurante Universitario apoyado en algunos de los principales factores que influyen en la distribución en planta, logrando así una clasificación agregada de factores como Edificio, Material, Maquinaria, Hombre y Movimiento, para la determinación de la capacidad instalada del sistema. Por tanto dicha investigación fue un punto de partida para la correcta definición del problema que se abordó en el presente proyecto, sin embargo la clasificación antes mencionada omite algunos factores del sistema que fueron primordiales durante el desarrollo del proyecto, y vincula otros factores que están fuera del alcance de los objetivos planteados al iniciar la presente investigación.

Con base en lo anterior, a la revisión de literatura adicional relacionada con el tema del proyecto, y a través de la observación directa del sistema en distintos períodos de tiempo; se logró la identificación de los principales factores externos e internos que afectan el desempeño del sistema, describiendo su relación con otros factores presentes en el sistema; y seleccionando los factores productivos asociados a la capacidad y su posible influencia sobre el nivel de servicio:

FACTORES EXTERNOS

Demanda: Es un factor de gran relevancia ya que de acuerdo al día de la semana y/o al menú que se programe ese día por parte del restaurante, ésta puede afectar de forma positiva o negativa tanto la producción como el servicio de los almuerzos. La afectación positiva ocurre debido a que los días lunes, jueves y viernes el comportamiento de la demanda presenta una leve tendencia decreciente (Ruiz, 2007), la cual permite que la capacidad del sistema mantenga un nivel similar a la demanda durante la mayor parte del tiempo de atención y evita que se genere una cola excesiva que sature el sistema y reduzca el nivel de servicio del restaurante. Negativamente afecta en las particularidades que presenta su comportamiento

durante el periodo de atención de un día cualquiera, ya que se ha establecido que en un intervalo de tiempo de 90 minutos, entre las 12:00 pm y la 1:30 pm ocurre la mayor concentración de usuarios que llegan a la cola; causando que durante esos periodos de tiempo el Restaurante no pueda satisfacer completamente las necesidades de almuerzos y por tanto se incrementa excesivamente la cantidad de usuarios en cola y el tiempo de espera de éstos.

FACTORES INTERNOS

1. FACTORES PRODUCTIVOS

Tipo de menú: Debido a que el almuerzo está compuesto por 6 componentes (Sopa, Arroz, Principio, Carne, Ensalada y Jugo), la determinación de la composición de cada componente varía de acuerdo a las especificaciones nutricionales, la disponibilidad de materias primas, el día de la semana en el que se producirá e incluso la demanda inmediata que afronta el restaurante. Estos aspectos causan que haya una gran variabilidad en los elementos definitivos que componen el almuerzo, sobrepasando 100 menús diferentes procesados a través de un año.

Adicionalmente, la determinación del menú conlleva a que el consumo de recursos como materia prima difiera en cada proceso de producción, la utilización de equipos para el procesamiento de los alimentos cambie y por tanto los tiempos de procesamiento tengan valores no lo suficientemente homogéneos; sin embargo éste no afecta la prestación del servicio a los usuarios. Por otra parte, a través de un estudio realizado por (Salcedo & Giraldo, 2010), se logró la conformación de 5 menús-tipo (Ver Tabla 2) que agrupan los diferentes menús de acuerdo a la similitud en cuanto a la materia prima y maquinaria que utilizan, permitiendo acotar la variabilidad de éste factor:

	Sopa	Arroz	Carne	Principio	Ensalada	Jugo
Menú 1	Crema de Zapallo	Blanco	Bistec	Arepa	Repollo y Zanahoria	Guayaba
Menú 2	Fríjoles	Blanco	Molida con Guiso	Arepa	Repollo y Zanahoria	Lulo
Menú 3	Crema de Zanahoria	Blanco	Cerdo en Salsa de Piña	Puré de Papa	Lechuga y Rábanos	Uva
Menú 4	De Cuchuco	Blanco	Goulash	Tajadas	Lechuga	Guayaba
Menú 5	De Verduras	Blanco	Pescado	Pataconitos	Tomate Campestre	Lulo

Tabla 2: Menús representativos

Fuente:(Salcedo & Giraldo, 2010)

Materia Prima e Insumos: Para la obtención de la materia prima e insumos utilizados en la producción de los componentes en las distintas configuraciones de menús se elaboran una programación mensual y uno semanal de los pedidos a los respectivos proveedores. Dicho procedimiento se realiza con el fin de tener disponible la materia prima requerida para la producción, ya que si no se cuenta con la cantidad suficiente de materia prima e insumos durante el proceso productivo se puede afectar negativamente la capacidad del restaurante para satisfacer la demanda inmediata. Sin embargo, si en el momento de realizar la

producción no se poseen las materias primas o insumos necesarios, debido a faltantes o retrasos en la llegada de los pedidos, el jefe de producción coordina nuevamente la programación de la producción y la adecuación del menú según la disponibilidad de las materias primas; es decir que al inicio del día se conoce con certeza que menú se producirá a través del periodo de funcionamiento.

Maquinaria: El área de producción (*back of the house*), cuya forma es rectangular, está subdividida en 6 zonas que se encargan de la producción de su correspondiente componente. Para la producción se tiene disponible una variedad de máquinas específicas distribuidas a lo largo de toda el área de producción, las cuales se diferencian por su cantidad, capacidad y prioridad de uso, contando además, con mano de obra que apoya el correcto funcionamiento de las máquinas y/o recursos.

A través del estudio realizado por (Salcedo & Giraldo, 2010), se identificaron cuáles de las máquinas necesarias para la producción de los componentes son utilizadas con mayor frecuencia en las distintas configuraciones de menú establecidas por el restaurante; es decir, se identificaron las máquinas y recursos que representan un factor crítico para la capacidad de producción del restaurante, debido a que la disponibilidad de dichas máquinas afecta la completa producción del almuerzo y por ende la entrega al usuario:

Componente	Recurso Crítico		Cantidad	
Sopa	Marmita		8	
Arroz	Arrocera		12	
Carne	Horno	Plancha	7	2
Principio	Freidora	Paellera	4	5
Ensalada	Ayudante		4	
Jugo	Licuadora		1	

Tabla 3: Máquinas Críticas

Fuente: (Salcedo & Giraldo, 2010)

Debido a que la Carne y el Principio son los componentes que mayores diferencias presentan en la composición de los distintos menús representativos, los recursos críticos para su producción varían de acuerdo al tipo de menú seleccionado, siendo dos posibles recursos para cada uno de estos componentes los que se categorizarían como recurso crítico.

Adicionalmente a la cantidad de máquinas existentes en el sistema, otro elemento que posee éste factor y con el cual se puede generar un impacto adicional en el nivel de servicio, es el tiempo que requieren las máquinas para el completo procesamiento de cada componente, debido a que si dicho tiempo es demasiado elevado la tasa de producción puede llegar a ser tan baja como para no satisfacer la demanda inmediata que llega al sistema; por tanto la valoración de su influencia es justificable.

Utensilios: Para el consumo del almuerzo por parte del usuario se requiere de utensilios como bandejas, cucharas, tenedores, cuchillos, tazas, platos y vasos, específicamente uno de cada uno; por lo que si llega a faltar uno de éstos para que el usuario reciba y consuma su almuerzo, el flujo de la cola se reduciría drásticamente y el sistema podría tener ociosidad en los respectivos servidores aun cuando la personas en cola seguirían aumentando.

La disponibilidad de los utensilios puede depender del tiempo de consumo de los almuerzos, ya que al concluir ese tiempo es cuando los utensilios están siendo desocupados para pasar a ser lavados en la máquina de lavaplatos. Adicionalmente, la capacidad de la máquina con la cual se lavan los utensilios puede afectar su disponibilidad. Por tanto, los utensilios son un factor potencialmente restrictivo a la capacidad del servicio del restaurante.

2. FACTORES DE SERVICIO

Número de servidores: El área de servicio del Restaurante (*front of the house*), tiene entre sus componentes la zona donde se entrega al usuario el almuerzo que se ofrece. Ésta entrega ocurre de la misma manera como se produce el almuerzo, por componentes; y se desarrolla de forma secuencial. Al llegar, el usuario recoge los seis componentes paso a paso aunque no realiza el mismo número de etapas debido a que él obtiene los componentes servidos en 3 recipientes distintos. Cada sopa se entrega en una taza, al igual que el jugo en cada vaso, sin embargo el arroz, el principio, la ensalada y la carne se entregan agregados en un solo recipiente que es el plato. Debido a que es un servicio, la mano de obra es el recurso crítico para llevar a cabo el procedimiento, por tanto la cantidad de servidores que se asignan en cada componente puede afectar el comportamiento de la fila de usuarios que esperan por el almuerzo.

Adicionalmente a la asignación de servidores, el tiempo que utilizan éstos para el servicio de su respectivo componente puede tener una incidencia adicional en el tiempo de permanencia de los usuarios en la fila. Para esto es de gran importancia tener como referencia la interdependencia funcional que puede presentarse entre ellos, particularmente en los servidores de los cuatro componentes que se agregan al plato ya que una demora en uno causa una demora en el tiempo del servidor subsiguiente.

Número de asientos: El espacio físico disponible del área de servicio (*front of the house*) del Restaurante para consumo del almuerzo está expresado de forma mínima en la cantidad de asientos ubicados en cada comedor, de esta manera cuando un asiento se ocupa se reduce la disponibilidad y sólo está nuevamente disponible cuando transcurre el tiempo de consumo de un almuerzo por parte del usuario, esto bajo el supuesto de abandono inmediato del sistema por parte del usuario una vez consume su almuerzo. Si en un momento de tiempo dado se ocupan totalmente los asientos se crea una cola nueva de usuarios que ya han recibido su almuerzo, y el sistema sigue operando hasta cuando la nueva cola creada llegue a su límite de acuerdo al espacio físico disponible en esa pequeña zona de entrega de almuerzo; a partir de ese momento el servicio de almuerzo se detiene porque el flujo disminuye completamente, lo que a su vez puede causar que el número de personas en la cola para ingresar al sistema aumente súbitamente.

De los factores anteriormente descritos, los factores internos son los que están asociados a la capacidad debido a que influyen en la producción y el servicio que el Restaurante puede proporcionar. Sin embargo, para el desarrollo del modelo computacional se seleccionaron la Maquinaria, los Servidores y los Utensilios como factores objetos de estudio para su valoración sobre el impacto en el nivel de servicio. Los factores que se omitieron para el estudio, pero que también sirvieron como parámetros del modelo fueron; la demanda debido a que no está asociada a la capacidad del restaurante en un día y, el número de asientos que por las limitaciones físicas es fijo para un día de servicio. No se vincularon explícitamente en el modelo; el menú-tipo debido a que el intervalo de simulación es de un día por lo que el menú será el mismo durante su ejecución, siendo el menú 2 el elegido para la realización del estudio porque es el más restrictivo respecto a la capacidad (Salcedo & Giraldo, 2010) y, las materias primas e

insumos los cuales deben ser suficientes al inicio del día para la producción durante el periodo de funcionamiento.

Debido a estas singularidades del sistema objeto de estudio, y con base en la documentación de la literatura existente y en el análisis de investigaciones similares; las medidas de desempeño representativas que el sistema simulado debe proporcionar son:

- *Número promedio de usuarios en cola:* Es la cantidad media de usuarios que permanecen en cola en cada comedor durante el periodo de atención del sistema.
- *Tiempo promedio de espera en cola:* Representa el tiempo medio que los usuarios permanecen en cola a la espera de ser atendidos por los servidores disponibles en cada comedor.
- *Ocupación del comedor:* Expresa la proporción media de sillas que permanecen ocupadas respecto a la cantidad total de sillas en cada comedor, durante el periodo de atención del sistema.
- *Utilización de los servidores:* Expresa en porcentaje el tiempo medio que permanecen los servidores de cada comedor realizando su actividad, respecto al tiempo total destinada para esto.
- *Usuarios totales atendidos:* Es la cantidad final de usuarios que se atiende en cada comedor al finalizar el periodo de atención del sistema.
- *Hora de atención de último usuario:* Es el tiempo en el que se atiende al último usuario en cola en cada comedor

7.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y FORMULACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

La información recolectada y que sirvió como input en el modelo de simulación del Restaurante de la Universidad del Valle se obtuvo a través de los distintos medios expuestos en la metodología descrita en el capítulo anterior; siendo los estudios de tiempos a los que se recurrieron con mayor medida.

De acuerdo a un informe entregado a los representantes estudiantiles en 2011, el cual incluye entre otros, los datos de “Usuarios que utilizaron el servicio de comedores desde el año 2001 hasta el año 2010”, se pudo estimar el crecimiento de la demanda de almuerzos durante los años 2005 a 2010, cuyo valor es del 2% promedio anual (Ver anexo Crecimiento de la demanda 2005-2010). Por tal motivo, a la información obtenida a través del estudio de (Salcedo & Giraldo, 2010) se le aplicó dicho crecimiento, y se generó una aleatoriedad tanto en la cantidad de usuarios que llegan al sistema como en el periodo de llegada de los mismos; obteniéndose los siguientes intervalos:

Demanda	
Cantidad de Usuarios	Periodo de Llegada
[4852, 5392]	[11:15, 14:30]

Tabla 4: Intervalos de Demanda

Fuente: Elaboración Propia

Los tiempos de procesamientos de los componentes en las distintas máquinas, los tiempos de servicio de cada componente por parte de los servidores y el tiempo de lavado de los utensilios fueron obtenidos a través del estudio realizado por (Salcedo & Giraldo, 2010). Sin embargo, a estos tiempos obtenidos se les asoció una distribución probabilística de acuerdo al tipo de actividad de la que hacían parte y con base en la literatura existente (Law, 2007).

La capacidad de los almacenes temporales de cada uno de los componentes, fue determinada a través de las entrevistas realizadas a los operarios responsables de transportar los componentes producidos hasta los almacenes donde permanecen almacenados.

La cantidad total de utensilios y de asientos, al ser valores constantes en un día de servicio, también se obtuvieron del estudio realizado por (Salcedo & Giraldo, 2010).

La capacidad de la barra para cada componente se determinó a través de observación directa sin llevar a cabo algún tratamiento estadístico, debido a que la homogeneidad de los recipientes de cada componente (para el caso del plato, de los 4 componentes) causa que ocupen siempre la misma cantidad máxima.

Finalmente, la tasa de salida de personas del restaurante se obtuvo a través del estudio realizado por (Ruiz, 2007)

Teniendo disponible la información recolectada, se procedió a realizar una acotación de la magnitud del modelo a través de una representación gráfica del sistema con diagramas de bloques que permitió la identificación de las zonas específicas donde se obtendrían las medidas de desempeño (Ver Figura 6).

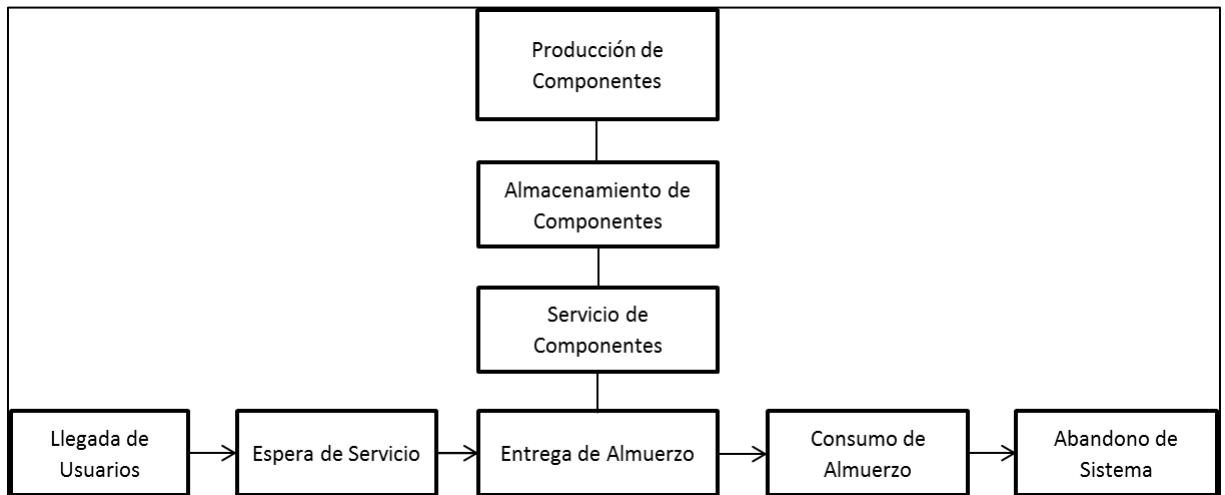


Figura 6. Representación Gráfica del Sistema Simulado

Fuente: Elaboración Propia

7.3. SELECCIÓN DEL SOFTWARE Y DESARROLLO COMPUTACIONAL DEL MODELO

Debido a que los Simuladores de sistemas industriales más comercializados presentan elevados costos para obtenerlos y con base en la experiencia previa por parte de los autores, se recurrió a un simulador gratuito llamado HPSim (<http://www.winpesim.de/hpsim.html>) que utiliza las Redes de Petri (RdP) como representación del sistema a simular.

Las RdP fueron desarrolladas como una herramienta para simular propiedades dinámicas de los sistemas complejos mediante modelos gráficos de procesos concurrentes y distribuidos. Una RdP es una herramienta de modelación de Sistemas a Eventos Discretos con la cual es posible controlar, evaluar y optimizar diferentes procesos. Las RdP son grafos orientados compuestos por lugares y transiciones que se encuentran unidos por arcos, donde los lugares representan los estados del modelo, los arcos indican la dirección de evolución de la RdP y las

transiciones representan las entradas del sistema; de su activación o desactivación dependerá el funcionamiento de la red (Castellanos Arias & Solaque Guzmán, 2010).

El desarrollo computacional se realizó bajo los siguientes supuestos:

- El menú producido es el correspondiente al menú representativo No. 2, compuesto por Sopa de Frijoles, Arroz blanco, Carne Molida, Arepa, Ensalada de Zanahoria y Repollo y; Jugo de Lulo.
- La demanda representa una demanda promedio asociada al menú representativo seleccionado.
- La materia prima disponible de cada componente es suficientemente mayor para la producción máxima que se pueda presentar en un día de atención.
- El desplazamiento de los servidores hacia los almacenes temporales es despreciable, por tanto sólo se tiene en cuenta un solo espacio donde se almacenan los componentes antes de ser servidos.
- La capacidad física y técnica de los 4 comedores del Restaurante es igual durante todo el periodo de atención.

7.3.1 Descripción del Modelo Computacional

El modelo, que imita el comportamiento en un día de servicio del Restaurante de la Universidad del Valle, corresponde a una simulación de tipo terminal, puesto que la naturaleza misma del proceso lo evidencia. Es decir, se inicia la producción de componentes en a las 6:30 de la mañana, se inicia el servicio a las 11:30am, se cierran los comedores a las 2:30pm pero se deja de servir hasta que el último usuario es atendido. Además, está estructurado en cuatro zonas principales, entre las que se encuentran el área asociada a la producción de cada componente, los lugares de oferta del servicio y consumo del almuerzo, la demanda asociada al servicio, y una zona auxiliar donde está ubicada la máquina Lavaplatos.

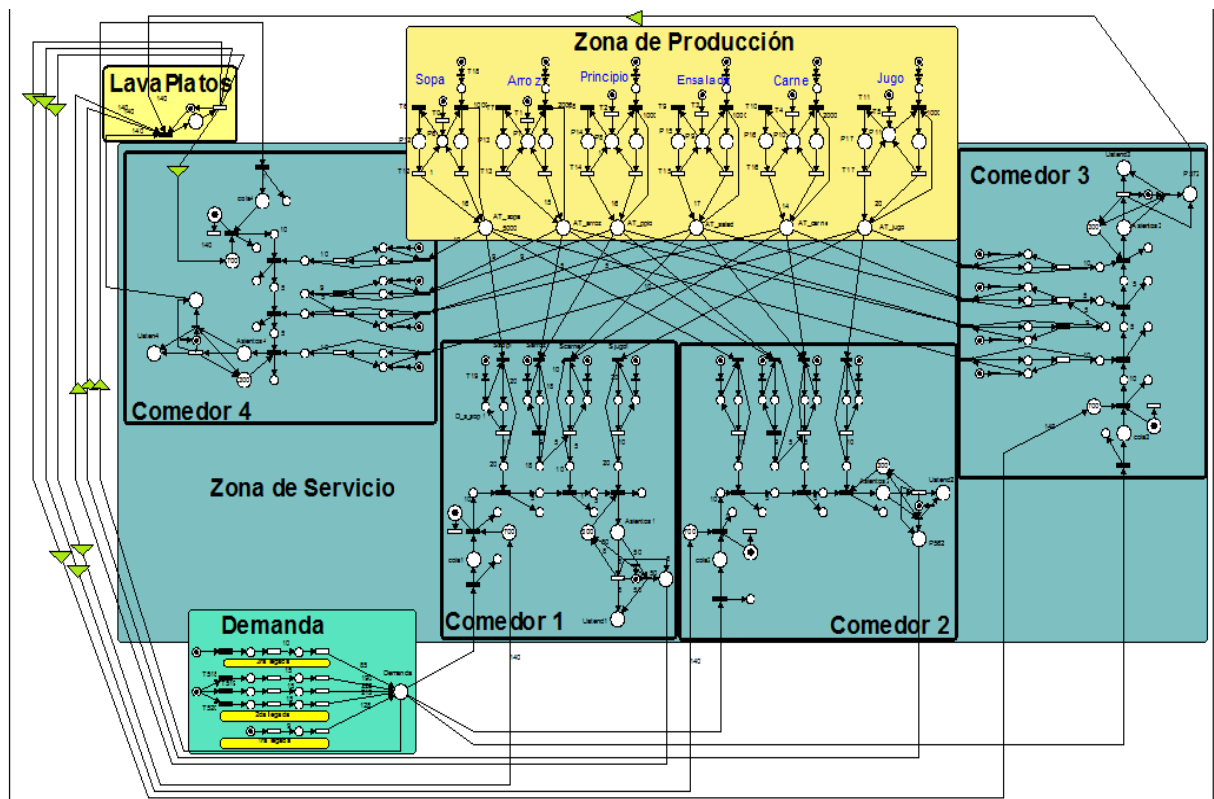


Figura 7: Modelo de simulación

Fuente: Elaboración Propia

7.3.2 Zona de Producción

La zona de producción (back of the house) del modelo representa cada una de las líneas de producción de los componentes que hacen parte del almuerzo, ubicadas de izquierda a derecha la producción de; la sopa, el arroz, el principio, la ensalada, la carne y el jugo. Para la producción de la sopa, se debe inicialmente realizar el alistamiento de la máquina crítica necesaria para la operación (T0) que tiene una duración de 30 minutos (éste tiempo es igual para las máquinas críticas de los demás componentes) y se realiza solamente en el momento cuando el tiempo de funcionamiento del sistema es igual a 0 (6:30 am), en cuanto termina el alistamiento la máquina queda disponible (P6); si la máquina está disponible, se puede iniciar la producción (T6) del primer lote de sopas. La producción de cada componente se discretizó con el fin de lograr equilibrio con otras zonas del modelo, por tanto la producción del lote de sopas (P12) tiene una duración determinística de 1 minuto (T12) y está compuesta por 16 sopas, las cuales son almacenadas en un almacén temporal de sopas (AT_Sopa) a la espera de ser removidas por el personal del área de servicio en el momento que inicia la atención a los usuarios; cuando finaliza la producción de cada lote la máquina crítica vuelve a estar disponible para iniciar una nueva producción, sin embargo este procedimiento ocurre hasta las 12:00 m (T18) y a partir de esa hora las producciones subsiguientes de sopas sólo se iniciaran si en el almacén temporal de sopas hay 1000 o menos sopas almacenadas, de lo contrario se tendrá que esperar a que esto ocurra ya que ese momento ésta cantidad es un punto de referencia para el área de producción con el fin de no sobreexceder la cantidad de almuerzos que se producen en un día de atención (ésta condición es también aplicada con una cantidad específica a los demás componentes). Para la producción de los cinco componentes restantes las actividades se

realizan de forma similar, produciendo determinísticamente cada minuto 15 unidades de arroz, 16 de principio, 17 de ensalada, 14 de carne y 20 de jugo.

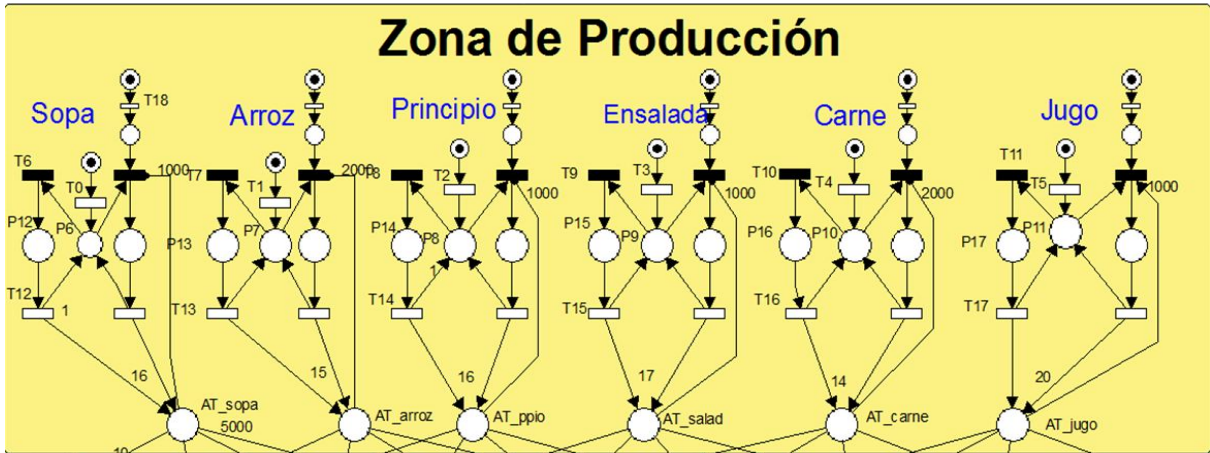


Figura 8. Zona de Producción del Modelo de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

7.3.3 Zona de Servicio

La zona de servicio (front of the house) del modelo representa cada una de las etapas de servicio de los componentes que hacen parte del almuerzo, ubicadas con igual orientación que las líneas de producción; adicionalmente en la zona de servicio se encuentran el espacio donde se realizan las colas en el interior del sistema y el área donde se consume el almuerzo. Dicha representación se realizó para cada comedor. Por ejemplo, para el comedor 1; debido a que el inicio del horario de atención es a las 11:30, sólo hasta el minuto 300 en la simulación los servidores están disponibles para iniciar su labor; para servir la sopa, luego de que inicie el horario de atención (T19) el servidor de sopa está disponible (D_s_sop1) y puede iniciar su actividad sólo si hay la cantidad necesaria de sopas en el almacén temporal (la cual es igual a la cantidad de sopas que puede servir en el tiempo dado), si el servidor está

disponible y hay sopas se inicia la operación (T24) de lo contrario se espera hasta que dichas precondiciones se cumplan; el servidor sirviendo las sopas (Ssop1) tiene una tasa de servicio de 10 sopas por minuto (el tiempo se distribuye exponencial), las cuales son ubicadas en la barra (P249) para que cada usuario la reciba, luego del minuto de operación el servidor vuelve a estar disponible para el inicio de la nueva operación de servicio, sin embargo las servidas subsiguientes de sopas sólo se iniciaran si en la barra de sopas hay menos de 20 sopas servidas, de lo contrario se tendrá que esperar a que esto ocurra(esta condición es también aplicada a los servicios de los demás componentes con la misma cantidad al servicio del jugo, 18 unidades de arroz y principio, y al servicio final del plato que está asociada con el servicio de la carne 10 unidades del componente). Las operaciones involucradas para servir la sopa sólo son similares con el servicio del jugo, ya que estos dos componentes usan recipientes individuales, taza y vaso, respectivamente; para los componentes restantes se tienen unas operaciones diferenciadas ya que los 4 componentes comparten el mismo recipiente, el plato. (Ver Figura 9 y 10).

Para el servicio del arroz, el principio, la ensalada y la carne, se hace uso de los servidores, de los cuales un servidor sirve el arroz y el principio, y el otro servidor sirve la ensalada y carne. Cada uno de los servidores empiezan a estar disponibles (D_s_arroz1 y D_s_carne1) desde el minuto 300 de la simulación, y empiezan su operación de forma secuencial, es decir que los dos primeros componentes que son el arroz y el principio se sirven estando disponible el servidor y sólo si hay la cantidad necesaria de unidades de arroz y principio en el almacén temporal (la cual es igual a la cantidad de unidades de arroz y principio que puede servir en el tiempo dado). El servicio de la ensalada y la carne siguen el mismo procedimiento, siendo éste servidor el que ubica el plato en la barra con los 4 componentes (Pla_servi1); sin

embargo la operación sólo inicia si el servidor que lo antecede, es decir, el servidor del arroz y principio ya ha servido el arroz y el principio en la cantidad

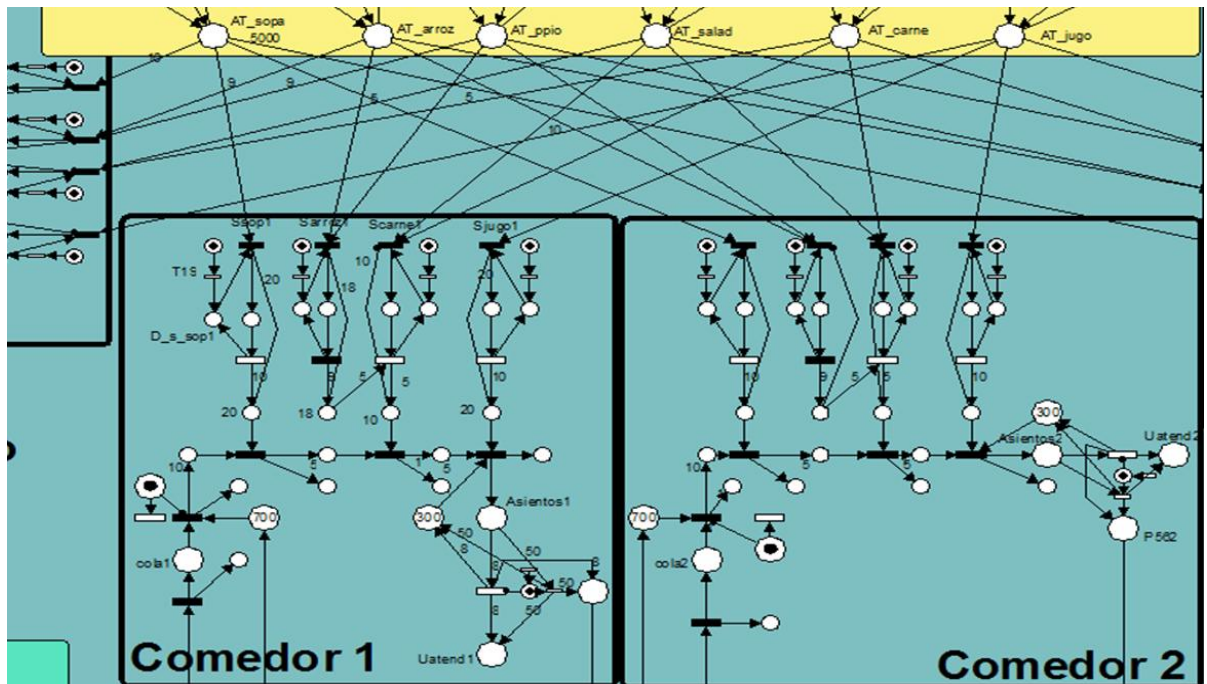


Figura 9. Zona De Servicio del Modelo de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

mínima de platos que el servidor de la ensalada y carne puede servir en el tiempo dado. Para esta secuencia cada minuto se sirven exponencialmente 9 unidades de arroz y principio, y 5 unidades de ensalada y carne; siendo la última la cantidad de platos por minuto que se sirven. (Ver Figura 10).

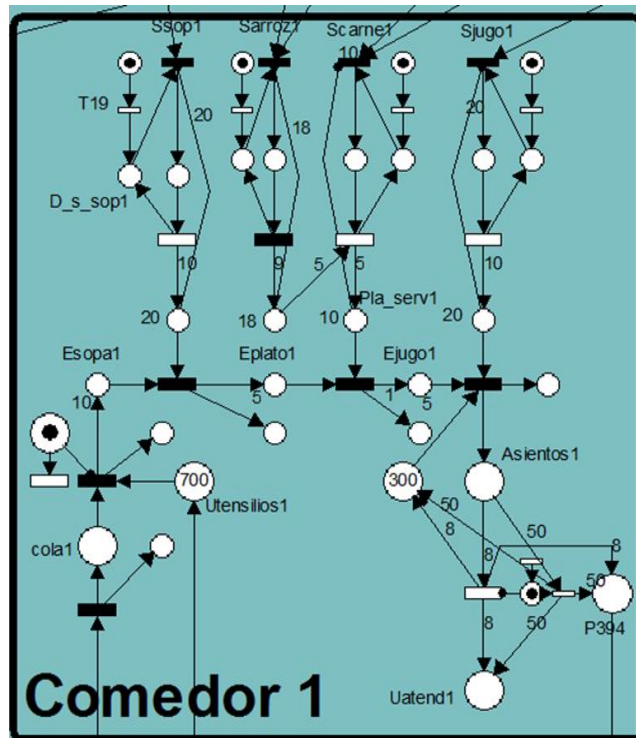


Figura 10. Comedor 1 del Modelo de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

7.3.4 Zona de Demanda

La zona de Demanda representa los 3 principales comportamientos que desarrolla la demanda asociada al sistema; el primero son las llegadas iniciales, las cuales se presentan desde las 11:15 am (minuto 285 de funcionamiento), es decir antes del inicio del horario de atención del Restaurante, durante un promedio de 45 minutos; siendo las llegadas al restaurante (demanda) exponenciales de 128 personas cada cinco minutos. El segundo comportamiento son las llegadas picos, donde se encuentra la mayor demanda que presenta el sistema, éstas se presentan desde las 12:00 pm (minuto 330 de funcionamiento) durante un promedio 75 minutos, llegando un intervalo de personas entre 190 y 226 cada cinco minutos de forma exponencial. El tercer y último comportamiento son las llegadas finales, las

cuales se presentan desde la 1:30 pm (el minuto 420 de funcionamiento) durante 50 minutos, llegando exponencialmente 85 personas cada cinco minutos. En cada comportamiento de la demanda, al momento de llegada de los usuarios al sistema éstos se distribuyen aleatoriamente a cada una de las colas de cada comedor (en la figura comedor 1 = cola1), permitiendo al modelo mayor representación de la realidad. (Ver Figura 11).

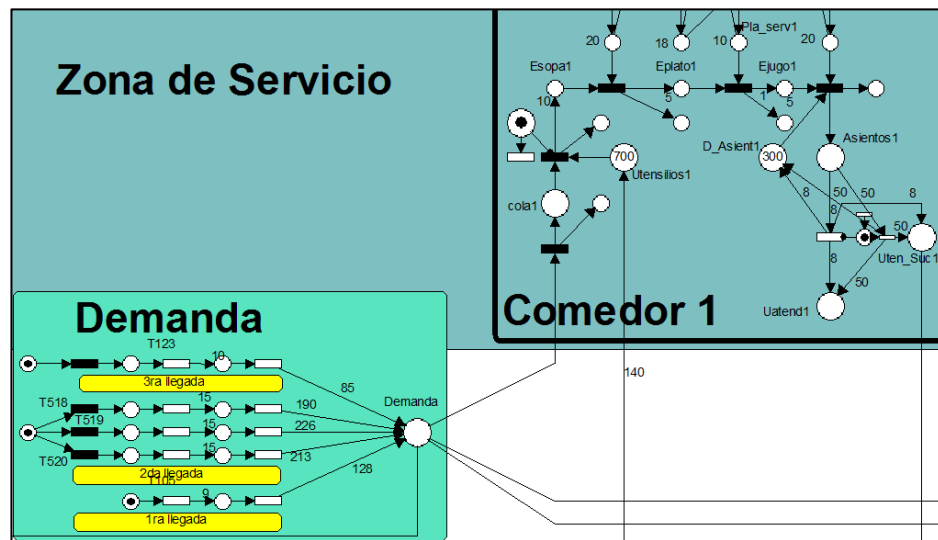


Figura 11: Demanda del Modelo de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

Con personas en la cola exterior de cada comedor y luego del inicio del horario de atención, los usuarios pueden iniciar su ingreso al sistema siempre y cuando haya utensilios disponibles (Utensilios1), siendo la siguiente cola de espera la que se encuentra previa a la zona de servicio de sopas (Esopa1) y la cual tiene una capacidad para 10 usuarios en cada comedor. Si hay sopas servidas, cada usuario recoge una y continúa a la espera del plato (Eplato1) en donde pueden esperar máximo 5 usuarios en cada barra de cada comedor. En el momento que haya platos servidos en la barra, cada usuario recoge uno y sigue su recorrido hacia el servidor de jugos (Ejugo1) donde hay un espacio

máximo para 5 usuarios en cada barra de cada comedor. Si hay jugos servidos y si hay asientos disponibles (D_Asient1) cada usuario recoge un jugo y se ubica en un asiento; de lo contrario espera hasta que ambas situaciones ocurran. Cuando ocurren, cada usuario se ubica en los asientos para consumir su almuerzo (Asientos1).

La salida de usuarios del sistema (Usuatend1) tiene dos comportamientos; el primero representa la salida inicial del sistema, es decir los primeros usuarios que consumen su almuerzo, la cual ocurre de forma determinística 15 minutos después de iniciar el proceso de atención donde salen 50 usuarios en cada comedor. El segundo comportamiento hace referencia a las posteriores salidas de usuarios, ocurriendo que uniformemente cada minuto salgan 8 usuarios en cada comedor.

7.3.5 Zona Auxiliar (Máquina Lavaplatos)

Cuando los usuarios terminan su consumo dejan disponible los asientos y entregan sus utensilios, en los que estos últimos son almacenados en carros (Uten_Suc1) a la espera de que hayan por lo menos 140 utensilios en cada comedor y esté disponible la máquina lavaplatos (D_LavPla) para iniciar su proceso de la lavado; el proceso de lavado (Lavado) tiene una duración determinística de 15 minutos, momento en el cual los utensilios quedan disponibles para que nuevos usuarios los utilicen y la máquina lavaplatos queda disponible a la espera de un nuevo proceso de lavado.

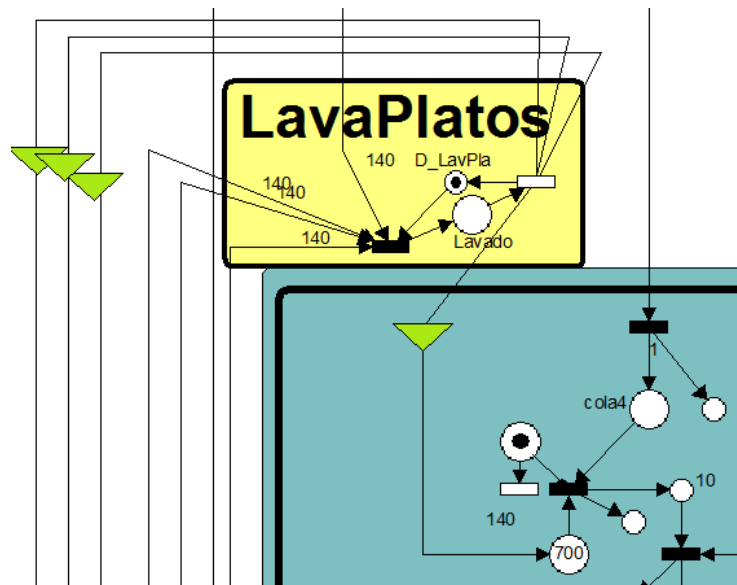


Figura 12: Zona de Máquina Lavaplatos del Modelo de Simulación.

Fuente: Elaboración Propia

7.4. VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

En la literatura existente, se recomienda como técnica más común de validación de un modelo de simulación la comparación con el sistema existente a través del análisis de los valores de las medidas de desempeño definidas, y el comportamiento real del sistema objeto de estudio. Sin embargo, debido a las limitaciones de recursos de información actuales para el desarrollo del presente proyecto, no fue posible realizar una comparación estricta del funcionamiento y los resultados del sistema simulado con el estado actual del sistema real.

(Law, 2007) hace referencia a una gran variedad de técnicas para lograr la validación de un modelo de simulación, facilitando así alternativas para comprobar la veracidad del modelo construido; de las cuales la Comparación con otro modelo de simulación y la Animación fueron utilizadas para la validación del modelo de simulación desarrollado.

Comparación con otro modelo de simulación:

(Ruiz, 2007) desarrolló un modelo de simulación del Restaurante Universitario a través del uso del software ProModel® en el cual se obtuvieron diversas medidas para medir el desempeño del sistema entre las cuales están; el promedio de tiempo para ingresar a cada comedor, el promedio de personas en la fila de ingreso, el máximo de personas que se estuvieron en fila, la ocupación del comedor, la utilización de las barras, tiempo promedio de servicio de una barra y cantidad de personas atendidas. De las anteriores medidas de desempeño, cinco medidas se asemejan a las que se definieron en el presente proyecto. Sin embargo, aunque haya gran similitud en la definición de las medidas de desempeño de ambos modelos de simulación, los resultados de cada modelo representan una realidad distante y por tanto distinta del sistema real, debido a que las particularidades exógenas y endógenas del Sistema Restaurante Universitario presentan grandes cambios en periodos de tiempo de largo plazo; por ejemplo, la demanda varía de acuerdo al mes o año que se pretenda analizar; la apertura de los comedores difiere en el corto y largo plazo o; la asignación de personal en distintas áreas del sistema varía inclusive durante un ciclo de producción en muchas ocasiones sin conocimiento previo por parte de los investigadores.

Debido a lo anterior, la comparación entre el modelo desarrollado en el presente proyecto y el modelo de referencia, se realizó de forma parcial y teniendo en cuenta los valores de los parámetros definidos en cada modelo, y su diferencia o carencia de datos. De esta forma, la comparación no arrojó resultados cuantitativos, pero sí una referencia cualitativa que permitió confirmar una semejanza significativa del modelo de simulación desarrollado en el presente proyecto, con el comportamiento que se buscaba del sistema actual.

Animación:

La interfaz gráfica del software HPSim permitió de una forma efectiva la validación del funcionamiento del modelo desarrollado, debido a que a través de ésta fue posible analizar el comportamiento secuencial de cada una de las etapas del sistema durante el periodo de simulación, permitiendo así garantizar la representatividad del modelo respecto al sistema objeto de estudio. No obstante, la animación obtenida corresponde al sistema bajo los supuestos definidos previo al inicio de la construcción del modelo.

Finalmente, una alternativa adicional que ofrece (Law, 2007) es la interacción continua con el Gerente o Administrador del sistema objeto de estudio para lograr una validación instantánea del modelo que se construye. Desafortunadamente, y aunque a través de distintos medios se intentó establecer comunicación con la responsable del Restaurante, no se logró hacerle partícipe del desarrollo del proyecto para obtener sus apreciaciones y recomendaciones lo que dificultó además el posterior análisis de los valores de las medidas de desempeño obtenidas y el planteamiento de alternativas para valorar el impacto sobre el nivel de servicio de los factores identificados.

7.5. EJECUCIÓN DE SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizar la validación cualitativa del modelo, se procedió a evaluar el procedimiento para realizar el análisis estadístico de los resultados que el modelo arrojó durante el periodo de simulación. Teniendo como elementos significativos a considerar; la cantidad de réplicas necesarias para lograr una estimación precisa de cada medida de desempeño y la forma con la que se representarían dichas estimaciones.

De acuerdo a lo planteado por (Law, 2007), los dos elementos anteriormente mencionados pueden abordarse haciendo uso de la *distribución t Student*, debido a que a través de ésta es posible el desarrollo de una expresión alternativa (respecto a la *distribución normal*) de un Intervalo de Confianza (IC) (7.1) que permite una estimación del promedio (\bar{X}), con un 90% de confianza y una cantidad de réplicas $n=10$ definidas *a priori*.

$$IC = \bar{X}(n) \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2(n)}{n}} \quad (7.1)$$

(Law, 2007) argumenta que se puede definir suficientemente $n=10$ como la cantidad de réplicas a realizar para la obtención de los intervalos de confianza de las correspondientes medidas de desempeño en simulaciones terminales de carácter exploratorio (Ver Anexo 2 Resumen medidas desempeño).

El establecimiento de los intervalos de confianza en las medidas de desempeño permite que al realizar la modificación de algunos de los factores identificados como representativos a través del planteamiento de escenarios se logró valorar de forma cuantitativa el impacto que ejercen dichos factores sobre el nivel de servicio.

7.5.1. Promedio de usuarios en Cola

La cantidad promedio de usuarios en cola fue obtenida para cada comedor y representa cuántos usuarios en promedio permanecen en la cola esperando por ser atendidos (Ver Tabla 5).

Promedio de Usuarios en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[45, 83]
Comedor 2	[51, 88]
Comedor 3	[47, 94]
Comedor 4	[38, 68]

Tabla 5. Intervalos de Confianza del Promedio de Usuarios en Cola

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados, el promedio de usuarios en cola tiene diferentes rangos de amplitud según el comedor que se observe, sin embargo dichos intervalos poseen gran cantidad de valores comunes los cuales permiten considerar que la diferencia de la amplitud y de los límites superiores e inferiores corresponden a la aleatoriedad que presenta la demanda en la elección del comedor al momento de su llegada al sistema.

7.5.2. Tiempo de espera promedio en la cola

Hace referencia a la espera promedio a la que tienen que recurrir los usuarios en la cola para poder ser atendidos. Dicha estimación fue realizada para cada comedor (Ver Tabla 6).

Tiempo Promedio de Espera en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (minutos)
Comedor 1	[6.0, 9.9]
Comedor 2	[6.4, 10.8]
Comedor 3	[5.7, 10.5]
Comedor 4	[4.9, 7.8]

Tabla 6: Intervalos de Confianza de Tiempo Promedio de Espera en Cola

Fuente: Elaboración Propia

El límite inferior más bajo del promedio de espera de un usuario en alguno de los comedores fue de 4,9 minutos, siendo el Comedor 4 el objeto de dicha ocurrencia; éste comedor presenta también el menor límite superior, el cual es de 7,8 minutos, es decir que el rango de espera en promedio fue mucho menor en éste comedor al tener el intervalo una amplitud de 2,9 minutos que en los demás comedores. Por otra parte el Comedor 3 representa el mayor rango de espera promedio con 4,8 minutos.

7.5.3. Ocupación promedio de sillas

Representa cuántas sillas en promedio, de las 300 disponibles en cada uno de los comedores, permanecieron ocupadas por usuarios durante el periodo de atención del sistema (Ver Tabla 7).

Ocupación Promedio de Sillas	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[20.3, 34.6]
Comedor 2	[26.1, 37.2]
Comedor 3	[25.0, 33.5]
Comedor 4	[27.3, 35.2]

Tabla 7: Intervalos de Confianza de la Ocupación Promedio de Sillas

Fuente: Elaboración Propia

La ocupación promedio de las sillas en cada comedor durante el periodo de atención no superó el 40%, lo que permite inferir, aun desconociendo el comportamiento de la medida de desempeño a través del tiempo, que la capacidad de sillas definida para los comedores se ajusta a las necesidades de demanda que presenta el sistema.

7.5.4. Utilización de los Servidores

El porcentaje de tiempo en promedio que estuvieron realizando los servidores el procedimiento asociada a su trabajo, fue representa en ésta medida de desempeño (Ver Tabla 8), logrando conocerse adicionalmente la ociosidad promedio en la que recurren los servidores.

Utilización de Servidores	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[88.3, 97.6]
Comedor 2	[88.6, 97.7]
Comedor 3	[91.7, 98.8]
Comedor 4	[89.1, 95.9]

Tabla 8: Intervalos de Confianza de la Utilización de Servidores

Fuente: Elaboración Propia

Con base en la utilización del servidor de carne de cada comedor, en cada uno de los comedores se aprecia que la amplitud de los respectivos intervalos de confianza no tiene gran diferencia, es decir que tienen una tendencia homogénea. Adicionalmente, se identificó que el promedio de utilización fue muy superior, siendo mayor a 88 % razón por la cual se identifica una utilización efectiva del servidor para realizar el servicio.

7.5.5. Usuarios totales atendidos

Representa el promedio del total de los usuarios atendidos en cada uno de los comedores y en el Restaurante en su conjunto, durante el periodo de atención (Ver Tabla 9).

Promedio de Usuarios Atendidos	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[1099, 1240]
Comedor 2	[1125, 1263]
Comedor 3	[1111, 1244]
Comedor 4	[1088, 1227]
Restaurante	[4433, 4964]

Tabla 9: Intervalos de Confianza del Promedio de Usuarios Atendidos

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran que en promedio cada uno de los comedores (incluyendo cada factor de servicio involucrado en ellos; los servidores y las sillas) fue capaz de atender como mínimo la cuarta parte del total de la demanda promedio que llegó al Restaurante en un día de atención bajo las condiciones dadas.

7.5.6. Hora de atención del último usuario

Es en promedio, el momento de tiempo en el cual cada comedor atendió todos los usuarios que estuvieron en cola desde que se inició el periodo de atención (Ver Tabla 10).

Hora Promedio de Atención del Último Usuario	
Comedores	Intervalos de Confianza (horas)
Comedor 1	[2:25 pm, 2:30 pm]
Comedor 2	[2:24 pm, 2:29 pm]
Comedor 3	[2:25 pm, 2:30 pm]
Comedor 4	[2:23 pm, 2:30 pm]

Tabla 10: Intervalos de Confianza de la Hora Promedio de Atención del último usuario

Fuente: Elaboración Propia

Tanto los límites como la amplitud de los intervalos de confianza de la hora promedio de atención del último usuario en cola de cada comedor son muy similares, resaltando que el comedor 4 es el que tiene el menor límite inferior al atender al último usuario a las 2:23 pm. Adicionalmente, se aprecia que cada comedor fue capaz de atender a todos los usuarios como máximo en el momento que finaliza el horario de atención (2:30 pm), es decir que dicha definición de horario se ajustó a la capacidad de los servidores y al comportamiento de la demanda.

7.5.7. Análisis de Comportamiento de las medidas de desempeño

Debido a que los intervalos de confianza tienen una utilidad primordial para la observación del cambio de las medidas de desempeño ante distintos escenarios que ocurren en el sistema; se procedió a realizar un análisis más detallado en cada uno de los comedores de las seis medidas de desempeño definidas, realizando una comparación entre el comportamiento en el tiempo de las 3 medidas (Usuarios promedio en cola, Ocupación promedio del comedor y Tiempo de Espera promedio en cola) que son observables durante el periodo de atención respaldadas por los intervalos de confianza de las restantes medidas para cada comedor. La diferenciación en los comedores fue realizada, aun cuando todos tienen la misma capacidad técnica y física, porque la aleatoriedad de la demanda y los comportamientos de servicio de los servidores dan singularidad a cada comedor.

Comedor 1

La llegada de usuarios a la cola del comedor inicia a las 11:15 am, momento en el cual empieza darse realidad éste término. Durante el periodo entre las 11:15 am y 11:30 la cola incrementa de forma particular (generándose el primer pico), pero esto es debido a que los servidores no están atendiendo y por tanto no hay salida de usuarios (Ver Figura 13). Por otra parte el tiempo de espera asociado a los usuarios que llegan durante éste periodo decrece, siendo razonable ya que quienes llegan a las 11:25 esperan menos que quienes llegaron a las 11:15, porque como se mencionó el sistema no está atendido y por tanto es un tiempo muerto de espera.

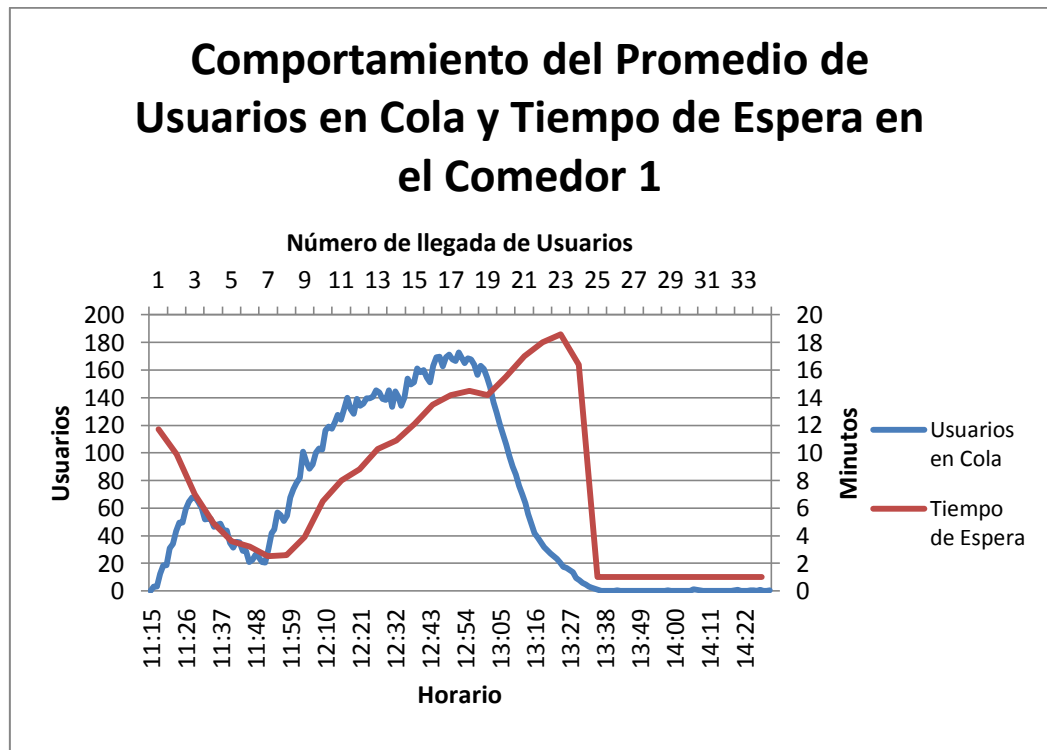


Figura 13: Comportamiento Usuarios en Cola y Tiempo de Espera Comedor 1

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente; el segundo, mayor y más amplio pico que se genera en el comportamiento de los usuarios en cola en el comedor 1, es durante el periodo que se presenta mayor demanda comprendida en promedio entre las 12:00 pm y 1:15 pm. Sin embargo, el máximo de usuarios promedios en cola llega a ser 172 usuarios y ocurre a las 12:52 pm durante la mayor congestión que presenta el sistema, entre las 12:40 pm y la 1:05 pm.

Debido a las limitaciones del software usado, como se mencionó con anterioridad, la demanda fue establecida para llegadas de lotes fijos de usuarios de acuerdo al comportamiento correspondiente. Por dicha razón se obtuvo una cantidad total de llegadas de usuarios constante (33), las cuales hacen referencia a cada lote de usuarios que llegan al sistema; adicionalmente el tiempo de espera fue representado en los minutos que esperaron en

promedio los usuarios de cada lote para ser atendidos, por lo que el horario de llegada de un lote específico de usuarios es el valor del horario del eje inferior menos el valor del tiempo de espera asociado a dicho lote de usuarios (Ver Figura 13).

Teniendo en cuenta lo anterior, el tiempo promedio de espera máximo de un usuario ocurre en promedio a la 1:12 pm y tiene una duración promedio de 18,6 minutos; esto ocurre debido a que en dicho momento la cantidad de usuarios en cola disminuye porque la tasa de llegada decrece y no porque la tasa de servicio aumente (la tasa de servicio durante el periodo de atención es exponencial con media igual 1), por tanto esos usuarios llegados tienen que esperar a que esa gran cola que lo antecedía sea atendida.

La última sección de la Figura 13 ilustra que tanto los usuarios en cola como el tiempo de espera presenta descensos acelerados ya que la tasa de servicio supera a la tasa de llegada de la demanda hasta que finaliza el periodo de atención; convirtiéndose éste en un momento de “holgura” en el sistema.

Finalmente es posible concluir que existe una relación directa entre el número de usuarios en cola y el tiempo de espera, pero dicha relación tiene un desfase temporal, es decir que los usuarios llegan justo en el momento máximo de la cola no son los que más esperan pero sí lo hacen quienes los preceden.

El comportamiento promedio de usuarios en cola y la ocupación del comedor 1 permite identificar que existe un pico inicial en la ocupación el cual no es precedido por un incremento en el número de usuarios en cola, y esto sucede porque en promedio durante los primeros 15 minutos (11:30 am-11:45am) de atención del comedor, la tasa de salida de usuarios es cercana a cero; por lo que la acumulación de sillas ocupadas es unilateral (Ver Figura 14). Sin

embargo la máxima ocupación durante dicho periodo de tiempo es de 39% lo cual no es suficientemente significativo para un análisis mucho más detallado.

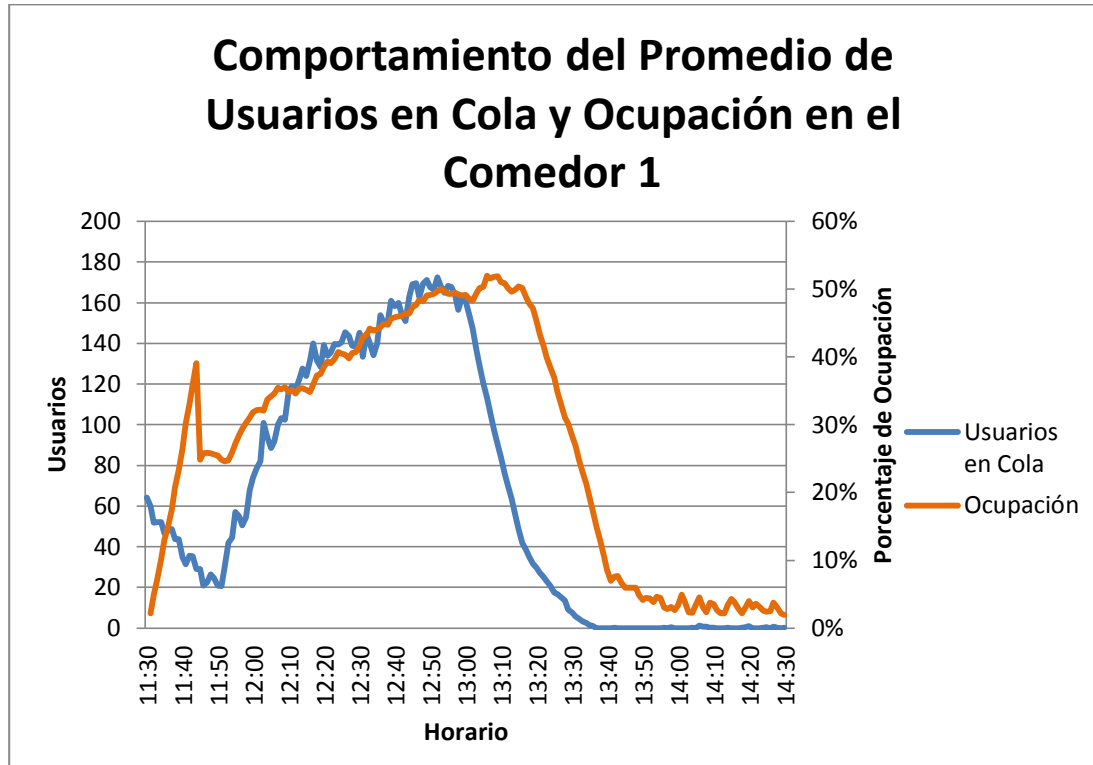


Figura 14: Comportamiento Usuarios en Cola y Ocupación del Comedor 1

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente, el comportamiento de ambas medidas de desempeño también evidencia que el periodo de mayor congestión en la cola conlleva al periodo de mayor ocupación en el comedor siendo la máxima el 52% del total de las sillas disponibles. Esto permite concluir también que la cantidad de usuarios en cola puede considerarse como una referencia de la ocupación del comedor en un periodo de tiempo próximo.

Comedor 2

El comedor 2 debido a la interacción de sus elementos, presentó durante el periodo de atención un promedio máximo de 201 usuarios en la cola ocurriendo en promedio a las 12:49 pm. Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de usuarios que llegan a estar en cola en el comedor 2 comparado con el comedor 1, el comportamiento del tiempo de espera promedio en cola de los usuarios no alcanza un máximo mucho mayor que el tiempo de espera en el comedor 1, siendo inclusive menor; 17,6 minutos en promedio (Ver Figura 15).

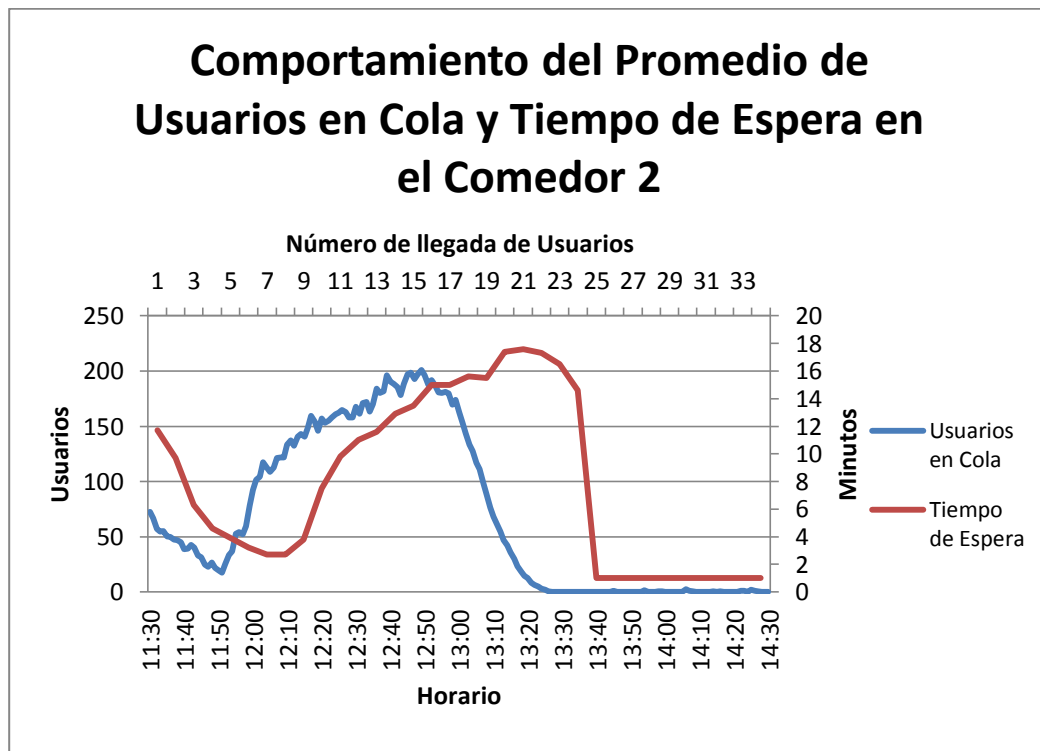


Figura 15: Comportamiento Usuarios en Cola y Tiempo de Espera Comedor 2

Fuente: Elaboración Propia

Por el contrario se evidencia de forma representativa que la elevada cantidad de usuarios promedio en cola en el comedor 2, genera un impacto en la amplitud del rango del máximo tiempo promedio de espera. Obteniendo que

los usuarios que llegan entre las 1:02 pm y las 1:16 pm sean los que en promedio tengan que realizar una espera mucho mayor que el resto.

La Ocupación máxima promedio que ocurre en el comedor 2 durante el periodo de atención es de 65,8 % y ocurre en promedio a la 1:10 pm (Ver Figura 16). De igual forma se evidencia que el momento de tiempo donde se alcanza la máxima ocupación promedio está antecedido, en aproximadamente 20 minutos, por el momento donde se presenta la mayor cantidad de usuarios en cola.

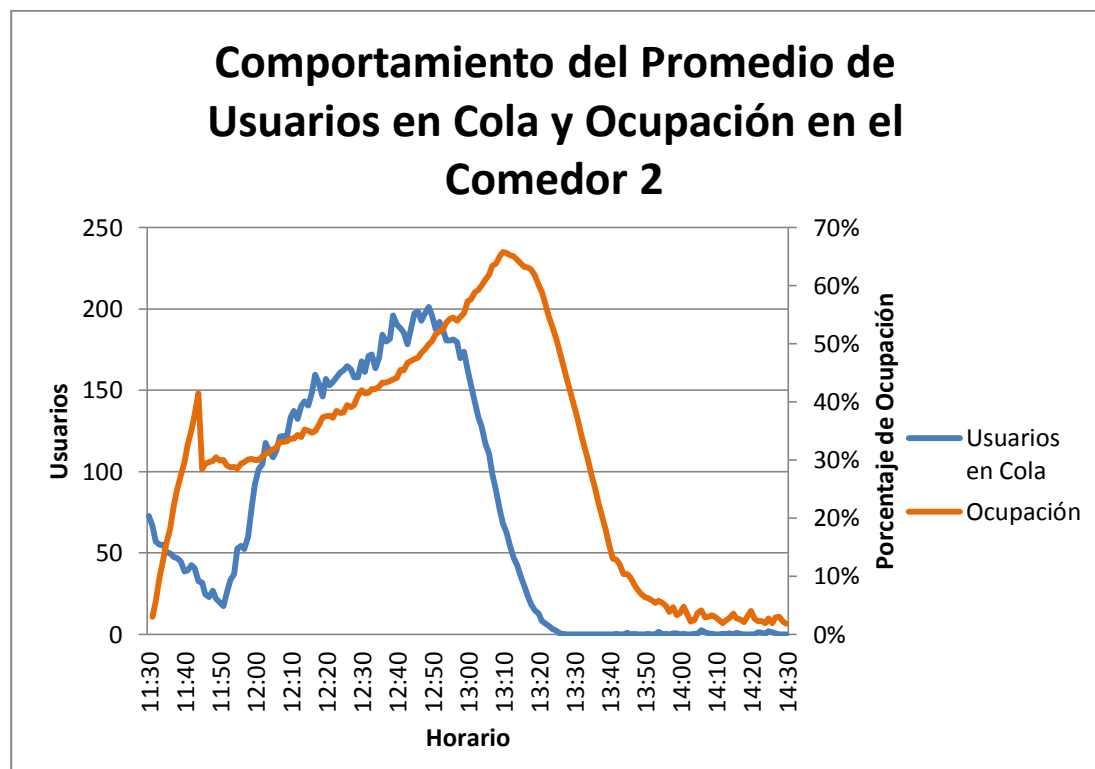


Figura 16: Comportamiento Usuarios en Cola y Ocupación del Comedor 2

Fuente: Elaboración Propia

Comedor 3

Los usuarios promedio en cola en el comedor 3 presentan un comportamiento similar al observado en el comedor 2, aunque la máxima cantidad de usuarios

que están en la cola en promedio alcanza un valor de 216 usuarios a las 12:49 pm aproximadamente (Ver Figura 17). Por su parte el tiempo de espera promedio máximo al que puede llegar a recurrir un usuario es de 19,3 minutos siendo mayor a los de los dos comedores previos.

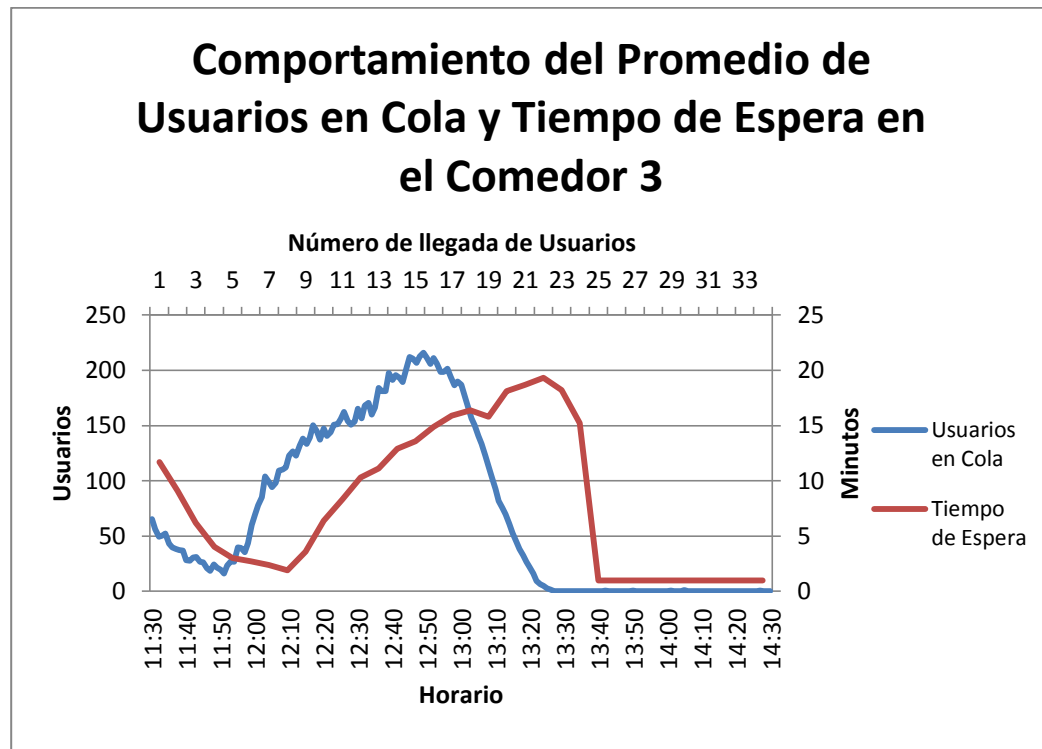


Figura 17. Comportamiento Usuarios en Cola y Tiempo de Espera Comedor 3

Fuente: Elaboración Propia

Aunque el comedor 3 es el comedor que en promedio tiene el máximo de usuarios en cola en un momento dado, la ocupación no se ve influenciada de forma significativa ya que su máximo promedio llega a ser 57,7 % de sillas ocupadas (Ver Figura 18); lo que es menor que el comedor 2 y mayor que el comedor 1. Esto es explicable a que el comportamiento de la ocupación tiene hasta la 1:16 pm un crecimiento con una pendiente más cercana a cero que los dos comedores anteriormente analizados, y esto es debido a que la utilización promedio de los servidores en el comedor es mayor a la utilización

de los comedores 1 y 2, lo causa que se atiendan en promedio durante aproximadamente los primeros 90 minutos más usuarios que en los otros comedores.

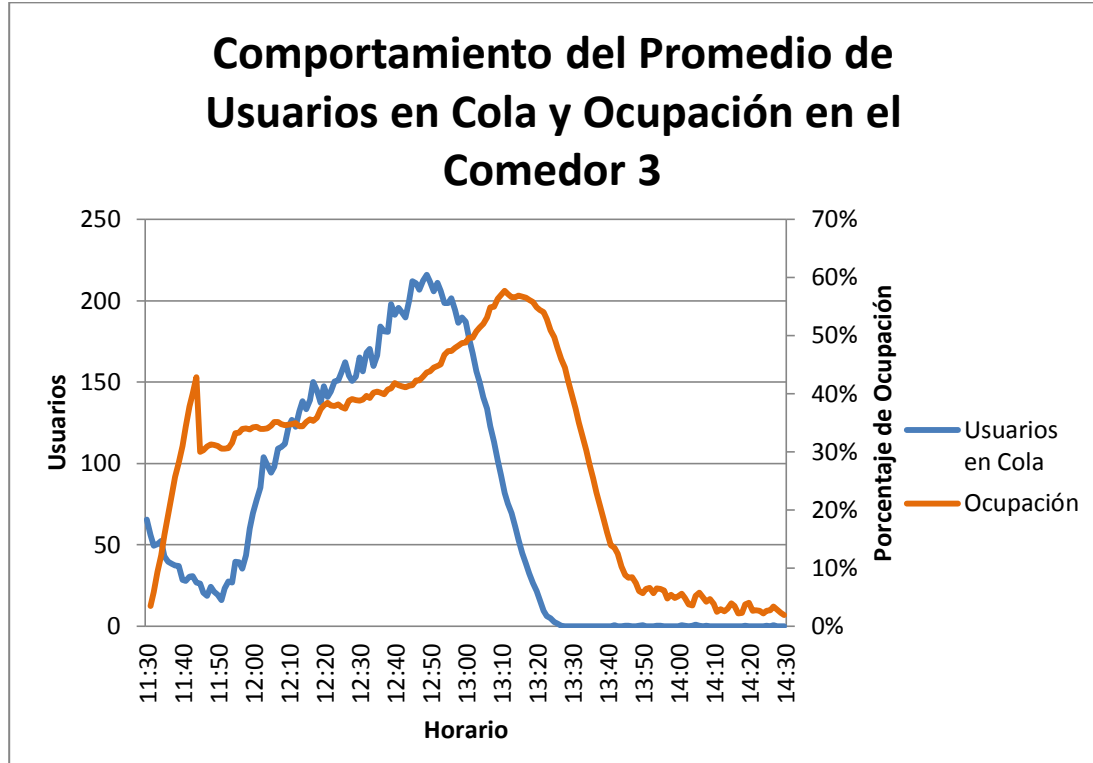


Figura 18: Comportamiento Usuarios en Cola y Ocupación del Comedor 3

Fuente: Elaboración Propia

Comedor 4

En promedio, a pesar de la igualdad técnica y física con los demás comedores, el comedor 4 presenta los menores niveles usuarios en cola y de tiempos de espera asociados durante el periodo de atención. La máxima cantidad promedio de usuarios que puede haber en la cola en un momento dado (en promedio a las 12:49 pm) es 159 usuarios, y el máximo tiempo promedio de espera de cada usuario en la cola es 13,5 minutos

El desfase entre ambas medidas de desempeños también se aprecia en el

comedor 4 de forma significativa, lo que permite evidencia y asumir que en el Restaurante en su conjunto ésta relación está presente.

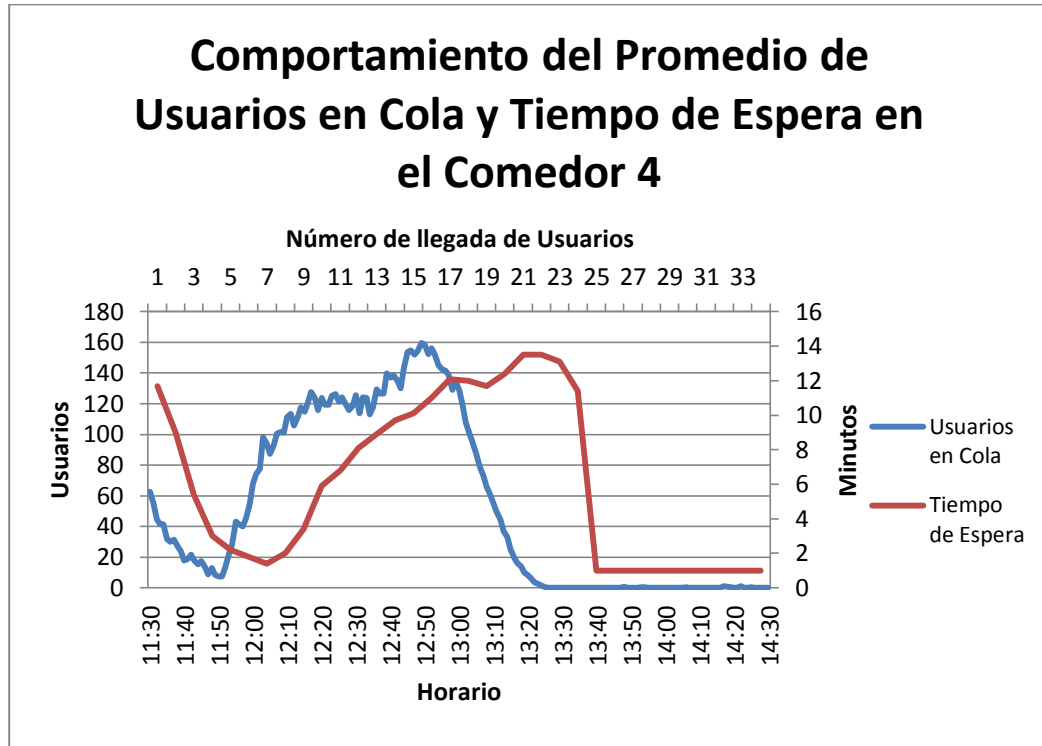


Figura 19: Comportamiento Usuarios en Cola y Tiempo de Espera Comedor 4

Fuente: Elaboración Propia

A pesar del reducido máximo valor promedio de usuarios en cola, la ocupación de las sillas del comedor 4 presenta un comportamiento muy similar en cuanto a magnitud y tendencia con respecto a los comedores 1 y 2, teniendo un máximo promedio de 64,7 % a la 1:09 pm aproximadamente.

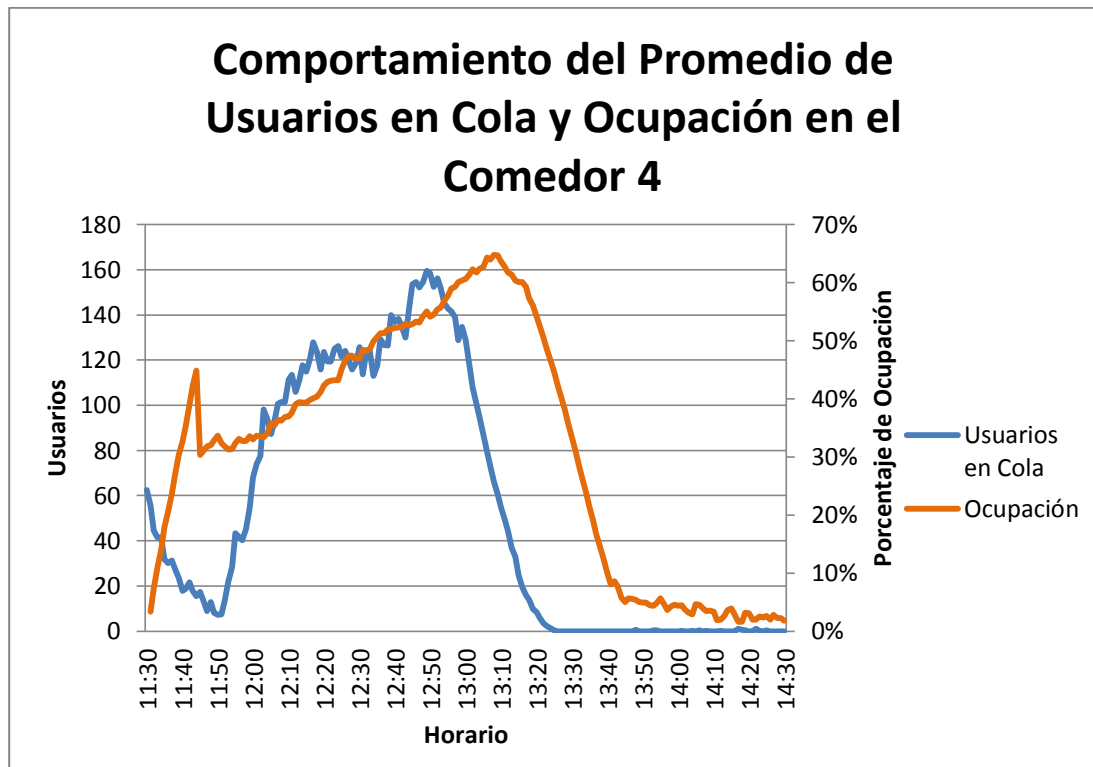


Figura 20: Comportamiento Usuarios en Cola y Ocupación del Comedor 4

Fuente: Elaboración Propia

Los comportamientos, en cada comedor, durante el periodo de atención de las 3 medidas de desempeño seleccionadas permitieron identificar los momentos de tiempo en donde el sistema presenta su mayor congestión diferenciando cómo los comedores aun teniendo características muy similares, pueden gestionar de forma distinta una demanda asociada. Adicionalmente, a través de éstos análisis también se logró conocer que la capacidad de un factor táctico⁵ como las sillas satisfacen plenamente, y durante todo el periodo de atención, las necesidades de demanda asociada al servicio del Restaurante en su conjunto.

⁵Hace referencia a que la determinación de su capacidad se hace en un periodo de mediano plazo.

8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Debido a que la simulación exclusiva del comportamiento del sistema solo proporciona datos numéricos que permiten extraer indicios, no proporciona una visión adicional respecto de las relaciones de causa y efecto dentro del sistema. La alternativa que facilita lo anterior, es efectuar serie de corridas de simulación con diferentes valores de los parámetros que permiten proporcionar información adicional sobre las influencias presentes en el sistema.

Por ésta razón, se realizó un análisis de sensibilidad basado en escenarios que permitieran valorar cambios en los niveles de los recursos sobre el nivel de servicio. A continuación, en la tabla se puede ver un resumen de los experimentos realizados.

Como se muestra en la Tabla 11, los escenarios se clasifican como de Eventos y de Parámetros. Los primeros hacen referencia a eventos que pudiesen ocurrir en el sistema que no son necesariamente cambios en los parámetros. Por su parte los segundos hacen referencia a algunos parámetros que pueden variar, entendiéndolos como entradas del sistema.

La elección de cada escenario, dirigida por el objetivo general de este proyecto, se basó en la literatura existente en donde se estudian las interacciones de diferentes aspectos de restaurantes como afirman Hwang, et al. (2008), recursos humanos, configuración de los asientos, distribución física de los restaurantes, enfatizando el hecho de que un enfoque de sistema integrado que capture todos los tipos de recursos podría ser más efectivo. También se habla de recursos interrelacionados como clientes y tecnología, el área de espera, el área de comidas, y la cocina, entre otros (J Hwang & Lambert, 2008a). Adicionalmente, poder identificar qué recursos son críticos y cuáles no permiten descartar análisis posteriores y

enfocarse en otros. En cuanto a los escenarios clasificados como de Eventos, se realizaron para mostrar la capacidad de la metodología de abordar situaciones excepcionales que pudieren ser muy costosas o perjudiciales para el sistema y así dar una idea del abordaje de este tipo de situaciones en el futuro.

Desafortunadamente, no se logró obtener la perspectiva y recomendaciones de la Administradora del Restaurante, lo cual hubiera permitido un planteamiento de escenarios más efectivo para valorar una posible intervención del sistema.

Escenario #	EVENTOS	DESCRIPCIÓN BREVE
1	Cierre de un comedor	Se cierra del comedor 4 a las 13:30 hrs
2	Avería de una máquina CARNE	Se detiene a la mitad de la jornada (9:30/t180) la producción de una máquina de sopa, principio y carne
Escenario #	PARÁMETROS	
3	Aumento de Tasa de producción (componente/min)	Se aumenta y disminuye en 50% la tasa de producción de cada componente
4	Disminución 1 de la Tasa de servicio (componente/min)	Se disminuye en 1 y 2 ptos la tasa de servicio de cada componente en el comedor 4
5	Nivel de servidores en CARNE	Se aumenta en 1 el número de servidores del componente CARNE en el comedor 1

Tabla 11: Escenarios contemplados en el Análisis de sensibilidad

Fuente: Elaboración propia

8.1. ESCENARIO 1

Debido a que el escenario plantea el cierre específico del comedor 4, el impacto más representativo es el generado en las medidas de desempeño de los comedores restantes.

Promedio de Usuarios en Cola

Los intervalos de confianza del promedio de usuarios en la cola de cada comedor presentados en la Tabla 12, permiten apreciar que el impacto generado para el

comedor 1 del cierre del comedor 4 a la 1:30 pm es un incremento del 15.3% del promedio de usuarios en la cola. A su vez, en el comedor 2, sólo se incrementó 3.5% el promedio de usuarios en cola.

Promedio de Usuarios en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[51, 97]
Comedor 2	[54, 90]
Comedor 3	[56, 106]
Comedor 4	[36, 77]

Tabla 12: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 1

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo Promedio de Espera en Cola

De gran significancia es que el cierre en el comedor 4 causa una disminución del 5.5% en el comedor 2 y; un aumento del 7.7% y 11.6% en el comedor 1 y 3 respectivamente. Esto es explicable debido a que los usuarios cuando llegan al sistema, tienen una alternativa menos para su elección y ocurre una diferenciación en la cantidad de personas promedio en cola.

Tiempo Promedio de Espera en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (minutos)
Comedor 1	[6.1, 10.9]
Comedor 2	[6.6, 9.7]
Comedor 3	[6.7, 11.4]
Comedor 4	[6.2, 11.4]

Tabla 13: I.C. Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 1

Fuente: Elaboración Propia

Ocupación Promedio de Sillas

A pesar de que el comedor 4 se cierra el impacto generado en la ocupación promedio de las sillas en los comedores restantes, no es tan significativo, siendo un incremento del 6.3% el mayor impacto generado (apreciado en los comedores 1 y 3) y 3.4 % el menor en el comedor 2.

Ocupación Promedio de Sillas	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[21.8, 36.6]
Comedor 2	[28.2, 37.2]
Comedor 3	[25.3, 36.9]
Comedor 4	[29.6, 38.1]

Tabla 14: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 1

Fuente: Elaboración Propia

Promedio de Usuarios Atendidos

El incremento generado en la cantidad promedio de usuarios atendidos es aproximadamente 10% en los tres comedores que quedan en servicio. Sin embargo, en el Restaurante en su conjunto dicho incremento es solo del 4.7%, a pesar de que la capacidad se reduce en una cuarta (1/4) parte; lo que refleja que el Sistema no podría afrontar una elevación de la demanda si al menos uno de los comedores no está disponible.

Promedio de Usuarios Atendidos	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[1260, 1329]
Comedor 2	[1284, 1340]
Comedor 3	[1258, 1347]
Comedor 4	[979, 1045]
Restaurante	[4811, 5031]

Tabla 15: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 1

Fuente: Elaboración Propia

Hora Promedio de Atención de último usuario

El horario promedio de atención del último usuario, no tiene gran variación en el límite inferior de los intervalos de confianza de los 3 comedores que funcionan durante todo el periodo de atención. Sin embargo todos tres comedores en promedio tienen un máximo horario de atención del último usuario superior al horario de atención definido por el restaurante, siendo 3 minutos la diferencia entre estos.

Hora Promedio de Atención de Último Usuario	
Comedores	Intervalos de Confianza (horas)
Comedor 1	[2:25 pm, 2:33 pm]
Comedor 2	[2:26 pm, 2:33 pm]
Comedor 3	[2:25 pm, 2:32 pm]
Comedor 4	[1:11 pm, 1:24 pm]

Tabla 16: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 1

Fuente: Elaboración Propia

8.2. ESCENARIO 2

El impacto que genera la detención de la maquinaria de la carne, la cual ha sido considerada en investigaciones anteriores como el recurso crítico en la zona de

producción de los 6 componentes, se presenta en las siguientes tablas:

Promedio de usuarios en cola

El efecto que genera la detención de la maquinaria de la carne sobre el promedio de usuarios en la cola de todos los comedores es estrictamente de tipo incremental positivo, es decir que se presentan en promedio mayores usuarios en cola; siendo el mayor impacto generado en el comedor 1 con un incremento promedio de 62% y el menor en el comedor 2 con un incremento promedio de 18.9%.

Promedio de Usuarios en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[77, 131]
Comedor 2	[62, 104]
Comedor 3	[66, 159]
Comedor 4	[49, 96]

Tabla 17: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 2

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo promedio de espera en cola

El aumento en el promedio de usuarios en cola, a causa de la detención de la maquinaria de la carne, desencadena en un aumento generalizado en los tiempos de espera promedio en cada uno de los comedores, siendo el comedor 1 el que presenta la mayor variación porcentual con un 105% de aumento del tiempo promedio de espera de los usuarios en cola.

Tiempo Promedio de Espera en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (minutos)
Comedor 1	[10.4, 22.0]
Comedor 2	[6.5, 18.1]
Comedor 3	[12.9, 19.4]
Comedor 4	[6.5, 14.5]

Tabla 18: Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 2

Fuente: Elaboración Propia

Ocupación promedio de sillas

El impacto generado por la detención de la maquinaria de la carne en los usuarios en cola, también genera un impacto en la ocupación promedio de sillas aunque la característica dicho impacto no es homogénea en los cuatro comedores. En los comedores 1 y 4 el impacto es una variación positiva en 3.9% y 5% respectivamente; por otra parte en los comedores 2 y 3 el impacto es una variación negativa de 8.2% y 12.5%.

Ocupación Promedio de Sillas	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[25.1, 32.0]
Comedor 2	[26.5, 31.6]
Comedor 3	[21.6, 29.5]
Comedor 4	[26.9, 38.7]

Tabla 19: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 2

Fuente: Elaboración Propia

Utilización de servidores

Todos los servidores al presentarse la detención de la maquinaria de la carne se

ven afectados negativamente, debido a que crece el porcentaje de ociosidad durante el periodo de atención en el sistema. Aunque dicho porcentaje en ninguno de los comedores supera el 10%, está relacionada con el impacto generado en el número promedio de usuarios en cola, ya que dicha cantidad de usuarios aumenta en otros motivos porque los servidores no tienen el componente para realizar el servicio.

Utilización de Servidores	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[87.7, 89.8]
Comedor 2	[86.6, 87.4]
Comedor 3	[85.6, 90.3]
Comedor 4	[88.4, 91.2]

Tabla 20: I.C. Utilización de Servidores Escenario 2

Fuente: Elaboración Propia

Promedio de usuarios atendidos

El promedio de usuarios atendidos por cada comedor y por el Restaurante en su conjunto, se reduce significativamente debido a la detención de maquinaria de carné; específicamente el comedor 1 tiene una reducción en promedio de 8.5% en los usuarios atendidos, el comedor 2 una reducción promedio de 7.2%, el comedor 3 una reducción del 9.3%, por su parte el comedor 4 presenta una reducción del 8% y el Restaurante en su conjunto presenta una reducción promedio del 8.3%.

Promedio de Usuarios Atendidos	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[1037, 1103]
Comedor 2	[1074, 1141]
Comedor 3	[1001, 1135]
Comedor 4	[1017, 1113]
Restaurante	[4147, 4474]

Tabla 21: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 2

Fuente: Elaboración Propia

Hora promedio de atención de último usuario

Los intervalos de la hora promedio de atención del último usuario en todos los comedores, desborda el horario de atención definido por la administración del restaurante; siendo la máxima diferencia, en promedio mayor a minutos.

Hora Promedio de Atención de Último Usuario	
Comedores	Intervalos de Confianza (horas)
Comedor 1	[2:30 pm, 3:08 pm]
Comedor 2	[2:33 pm, 3:10 pm]
Comedor 3	[2:31 pm, 3:09 pm]
Comedor 4	[2:31 pm, 3:07 pm]

Tabla 22: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 2

Fuente: Elaboración Propia

8.3. ESCENARIO 3

La influencia que genera una disminución en la tasa de producción de cada componente, específicamente 50% menos, en las medidas de desempeño, se representa en el siguiente análisis:

Promedio de usuarios en cola

Si hay una elevación de la tasa de producción de componentes, el impacto general sobre el promedio de usuarios en cola en el Restaurante es una reducción significativa, aunque en los comedores 2 y 3 perciben un pequeño aumento del 2.4% y 4.3% respectivamente.

Promedio de Usuarios en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[37, 61]
Comedor 2	[54, 89]
Comedor 3	[66, 81]
Comedor 4	[43, 55]

Tabla 23: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 3

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo promedio de espera en cola

Los tiempos promedio de espera en cola evidencian un comportamiento similar al número promedio de usuarios en cola, presentando una reducción global de 24.5% en el comedor 1 y de 2% en el comedor 4; pero evidenciando un pequeño incremento en los comedores 2 y 3.

Tiempo Promedio de Espera en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (minutos)
Comedor 1	[4.0, 7.9]
Comedor 2	[7.0, 11.3]
Comedor 3	[6.4, 11.2]
Comedor 4	[4.8, 7.7]

Tabla 24: I.C. Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 3

Fuente: Elaboración Propia

Ocupación promedio de sillas

La reducción en la ocupación promedio ocurre en los comedores 2 y 3; diferenciando del comportamiento del promedio de usuarios en cola y del tiempo de espera promedio, siendo dicha reducción del 1.4% y 10.1% respectivamente.

Ocupación Promedio de Sillas	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[32.8, 35.8]
Comedor 2	[29.9, 32.5]
Comedor 3	[23.0, 29.6]
Comedor 4	[31.0, 33.9]

Tabla 25: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 3

Fuente: Elaboración Propia

Utilización de servidores

La utilización de los servidores de los comedores aumenta en su conjunto, presentándose el mayor incremento en el comedor 4 con 4% y el menor incremento; en el comedor 1 con 0.1%.

Utilización de Servidores	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[90.9, 95.2]
Comedor 2	[93.4, 97.7]
Comedor 3	[96.7, 98.8]
Comedor 4	[93.9, 98.4]

Tabla 26: I.C. Utilización de Servidores Escenario 3

Fuente: Elaboración Propia

Promedio de usuarios atendidos

A pesar del incremento de la tasa de producción en general el Restaurante atiende en promedio una menor cantidad de usuarios respecto al estado actual. Solamente el comedor 1 incrementa la cantidad promedio de usuarios atendidos en 0.2%

Promedio de Usuarios Atendidos	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[1102, 1242]
Comedor 2	[1122, 1262]
Comedor 3	[1113, 1235]
Comedor 4	[1089, 1218]
Restaurante	[4436, 4948]

Tabla 27: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 3

Fuente: Elaboración Propia

Hora promedio de atención de último usuario

Se evidencia además que los límites superiores de la hora promedio de atención del último usuario sobrepasan el horario definido por la administración para el cierre del sistema.

Hora Promedio de Atención de Último Usuario	
Comedores	Intervalos de Confianza (horas)
Comedor 1	[2:24 pm, 2:33 pm]
Comedor 2	[2:24 pm, 2:32 pm]
Comedor 3	[2:25 pm, 2:33 pm]
Comedor 4	[2:23 pm, 2:34 pm]

Tabla 28: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 3

Fuente: Elaboración Propia

8.4. ESCENARIO 4

La reducción en una unidad de componente en la tasa de servicio de cada servidor tiene un impacto sobre cada una de las medidas de desempeño definidas.

Promedio de usuarios en cola

La disminución en la tasa de servicio hace que se genere un gran aumento en el promedio de usuarios en cola en 3 de los comedores. Específicamente el comedor 2 presenta un aumento promedio 16.2%, el comedor 3 aumenta 20.7% y el comedor 4 un aumento del 144.3%; siendo la excepción el comedor 1 con una reducción del 11.5%.

Promedio de Usuarios en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[39, 74]
Comedor 2	[66, 95]
Comedor 3	[65, 104]
Comedor 4	[109, 148]

Tabla 29: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 4

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo promedio de espera en cola

El tiempo promedio de espera presenta un aumento en 3 de los 4 comedores, pero a diferencia del promedio de usuarios en cola se presenta en el comedor 1, 2 y 4 con un incremento del 10.8%, 4.5% y de 125.2%.

Tiempo Promedio de Espera en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (minutos)
Comedor 1	[6.8, 10.7]
Comedor 2	[5.1, 9.5]
Comedor 3	[6.0, 10.9]
Comedor 4	[12.9, 15.8]

Tabla 30: I.C. Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 4

Fuente: Elaboración Propia

Ocupación promedio de sillas

El impacto, sobre la ocupación promedio de sillas, que genera la disminución de la tasa de servicio es una reducción significativa en el comedor 2 y en el comedor 4 con 12,5% y 44% respectivamente menos de sillas ocupadas.

Ocupación Promedio de Sillas	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[28.1, 40.0]
Comedor 2	[23.9, 31.5]
Comedor 3	[28.3, 32.7]
Comedor 4	[11.4, 23.6]

Tabla 31: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 4

Fuente: Elaboración Propia

Utilización de servidores

Al reducirse la tasa de servicio, los servidores de todos los comedores son utilizados en mayor medida respecto al estado actual del sistema. Siendo para el comedor 1 un incremento del 2%, y comedor 2 un incremento del 1.9%, el comedor 3 el 0.1% y el comedor 4 un aumento del 8.1%

Utilización de Servidores	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[94.8, 94.9]
Comedor 2	[93.2, 96.6]
Comedor 3	[92.3, 98.4]
Comedor 4	[100.0, 100.0]

Tabla 32: I.C. Utilización de Servidores Escenario 4

Fuente: Elaboración Propia

Promedio de usuarios atendidos

Si se reduce la tasa de servicio, el efecto global que genera sobre cada comedor y Restaurante no es de gran significancia, siendo la variación máxima en el alguno de los comedores del 2.3%

Promedio de Usuarios Atendidos	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[1069, 1267]
Comedor 2	[1083, 1252]
Comedor 3	[1086, 1324]
Comedor 4	[1041, 1277]
Restaurante	[4280, 5121]

Tabla 33: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 4

Fuente: Elaboración Propia

Hora promedio de atención del último usuario

Así como en el promedio de usuarios atendidos, la hora promedio de atención del último usuario no se ve afecta por la disminución de la tasa de servicio siendo la mayor variación un aumento del 0.1% en el comedor 4.

Hora Promedio de Atención de Último Usuario	
Comedores	Intervalos de Confianza (horas)
Comedor 1	[2:24 pm, 2:31 pm]
Comedor 2	[2:26 pm, 2:28 pm]
Comedor 3	[2:25 pm, 2:31 pm]
Comedor 4	[2:25 pm, 2:31 pm]

Tabla 34: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 4

Fuente: Elaboración Propia

8.5. ESCENARIO 5

El aumento de un servidor en el servicio del componente carne, generó un impacto a favor de la gestión del restaurante en las dos medidas de desempeño exteriores; el promedio de usuarios en cola y el tiempo promedio de espera en cola. A continuación se cuantifica el impacto generado al modificar éste parámetro.

Promedio de usuarios en cola

Los intervalos de confianza del promedio de usuarios en la cola de cada comedor presentado en la Tabla 35, permiten apreciar que el impacto generado para el comedor 1 del aumento de servidores de carnes es de un decrecimiento del 93,9% del promedio de usuarios en la cola. A su vez, en el comedor 2, sólo decreció 34.9% el promedio de usuarios en cola. Los comedores 3 y 4 reportaron variaciones inferiores al 5%.

Promedio de Usuarios en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[3, 5]
Comedor 2	[43, 47]
Comedor 3	[62, 73]
Comedor 4	[30, 72]

Tabla 35: I.C. Promedio de Usuarios en Cola Escenario 5

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo promedio de espera en cola

De gran significancia es que el aumento de un servidor genera una disminución en todos los tiempos de espera en colas. Concretamente se redujeron 77.4% en el comedor 1, 37.6% en el comedor 2, 11% en el comedor 3 y 42% en el comedor 4. Esto se explica porque la tasa de servicio aumentó y por lo tanto los tiempos de atención por unidad de tiempo son menores.

Tiempo Promedio de Espera en Cola	
Comedores	Intervalos de Confianza (minutos)
Comedor 1	[1.3, 2.3]
Comedor 2	[3.2, 7.5]
Comedor 3	[4.8, 9.6]
Comedor 4	[2.3, 5.2]

Tabla 36: I.C. Tiempo Promedio de Espera en Cola Escenario 5

Fuente: Elaboración Propia

Ocupación promedio de sillas

El aumento de un servidor de carne afecta significativamente la ocupación de los comedores. Es decir, para el comedor 1 hay un incremento del 60%, y en el 3 de 18%. Por el contrario, en los comedores 2 y 4 se encontraron decrecimientos del 10 y 18%, respectivamente.

Ocupación Promedio de Sillas	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[41.2, 46.7]
Comedor 2	[28.2, 28.8]
Comedor 3	[31.8, 37.4]
Comedor 4	[22.2, 34.0]

Tabla 37: I.C. Ocupación Promedio de Sillas Escenario 5

Fuente: Elaboración Propia

Utilización de servidores

A pesar de incremento en el nivel de servidores para la carne, la utilización no sufrió un mayor impacto pues se ubicó alrededor del 5% en cada uno de los servidores de carne de los comedores.

Utilización de Servidores	
Comedores	Intervalos de Confianza (%)
Comedor 1	[89.3, 97.7]
Comedor 2	[93.8, 95.8]
Comedor 3	[97.7, 97.9]
Comedor 4	[93.6, 98.5]

Tabla 38: I.C. Utilización de Servidores Escenario 5

Fuente: Elaboración Propia

Promedio de usuarios atendidos

Al igual que la utilización de los servidores, podemos observar que las variaciones son negativas no superan y no superan el 9%. Cabe notar que este indicador mide la eficacia del sistema y esto depende principalmente de la variación de la demanda.

Promedio de Usuarios Atendidos	
Comedores	Intervalos de Confianza (Usuarios)
Comedor 1	[972, 1172]
Comedor 2	[1056, 1193]
Comedor 3	[1040, 1295]
Comedor 4	[979, 1196]
Restaurante	[4047, 4857]

Tabla 39: I.C. Promedio de Usuarios Atendidos Escenario 5

Fuente: Elaboración Propia

Hora promedio de atención de último usuario

En general cada comedor se demoró menos tiempo en atender todos los usuarios. Los rangos de variaciones son muy bajos, pues representan variaciones del 1%. Esto da cuenta de que impacto no es muy significativo

Hora Promedio de Atención de Último Usuario	
Comedores	Intervalos de Confianza (horas)
Comedor 1	[2:22 pm, 2:26 pm]
Comedor 2	[2:22 pm, 2:26 pm]
Comedor 3	[2:19 pm, 2:26 pm]
Comedor 4	[2:22 pm, 2:26 pm]

Tabla 40: I.C. Hora Promedio de Atención de Último Usuario Escenario 5

Fuente: Elaboración Propia

9. IMPLICACIONES Y LIMITACIONES

- La simulación es beneficiosa para determinar las relaciones existentes entre diferentes factores productivos asociados a la capacidad, observar su comportamiento y obtener las medidas de desempeño del sistema.
- Algunas limitaciones son que el software no posee una herramienta diseñada para hacer análisis de sensibilidad, tan sólo ofrece beneficios en términos de la modificación de la estructura y el comportamiento del modelo.
- Por otro lado, es necesario abordar otro tipo de aspectos adicionales a los tratados en este documento para explorar sus relaciones con el nivel de servicio. Por ejemplo, espacios para esperas, equipos, gestión de la demanda, entre otros. También es necesario incluir análisis de tal manera que se pueda lograr un equilibrio entre el nivel de servicio deseado y los costos asociados a ello. Por último, es posible explorar aspectos relacionados con la tecnología, habilidades de los empleados y fatiga que no fueron tenidos en cuenta en este estudio, así como también otros que influyan en las mejoras del nivel de servicio.
- Para la ejecución de proyectos como el que se describió en el presente documento es de gran importancia contar con acceso continuo al sistema y poseer las apreciaciones de la administración, ya que esto evita en gran medida el consumo excesivo de tiempo en la definición de los escenarios correspondientes.

10. CONCLUSIONES

- La literatura existente relacionada con la gestión de la capacidad, la calidad en el servicio y en general los restaurantes, es muy diversa desde el punto de vista del origen y la disciplina. Es así como se encuentran recursos de Estados Unidos en (su mayoría) pero también de China y Asia Pacífico en general. Entre las disciplinas se encuentran la investigación de operaciones, mercadeo, finanzas, entre otras. Sin embargo, la disponibilidad a todos los recursos es limitada por cuestiones de protección intelectual, lo cual es mitigado en alguna medida por las recientes adquisiciones de revistas especializadas en gestión de restaurantes, por parte de la universidad.
- También se encontraron diferentes enfoques en lo relacionado con la gestión de restaurantes, específicamente en el tema de la gestión de la capacidad. Existe una tendencia de involucrar aspectos tanto de operaciones como de mercadeo de manera conjunta, y no solamente analizar lo que se denomina el *back-of the house* o el *front-of-the house* por separado. Esto significa gestionar el sistema de forma tal que no sólo se minimicen los costos de producción, sino que también se tenga la satisfacción del cliente deseada. Por ejemplo, cuando se cree que está todo muy bien porque tenemos eficiencias altas en los centros de producción, y en realidad los clientes la están pasando muy mal, es cuando no estamos analizando el problema de manera holística. Por ello, este nuevo enfoque interdisciplinar abre las puertas a mejores análisis y decisiones gerenciales que permitan lograr ese equilibrio entre las partes interesadas.

- Dentro de las técnicas encontradas para abordar el tema de la gestión de la capacidad en restaurantes, se encuentran muchas clásicas orientadas a la solución de modelos matemáticos analíticos como teoría de colas y cadenas de Markov, que si bien brindan exactitud y rigurosidad, pueden quedarse cortos a la hora de capturar la dinámica en sistemas complejos. Por su parte, la simulación permite involucrar tanto la estructura como el comportamiento a lo largo del tiempo de un sistema, esto significa manipular grandes cantidades de eventos aleatorios y recursos que ocurren y se usan de manera simultánea o consecutiva en sistemas reales o artificiales. Esto hace que la simulación sea una técnica pertinente para el análisis de sistemas productivos, y en especial en restaurantes, que cuentan con este tipo de características.
- Las redes de Petri son una herramienta gratuita que permite la modelación y simulación de diferentes procesos, entre ellos procesos productivos. Ésta se basa en la representación gráfica de las relaciones entre los diferentes elementos del sistema y su comportamiento a lo largo del tiempo, para luego traducirla en un modelo matemático. Los procesos productivos son de naturaleza estocástica y generan una variabilidad en los sistemas tal, que es muy razonable usar herramientas que involucren aspectos de la dinámica del sistema a un bajo costo, como lo hacen las redes de Petri. Sin embargo, esta herramienta carece de software especializado en cuanto al análisis y tratamiento de los resultados y la información, por lo que se recomienda usar herramientas más avanzadas como las redes de Petri Coloridas (RdPC) para problemas que requieran más precisión y continuar usando las redes de Petri temporizadas para estudios exploratorios como este.

- Desde el punto de vista metodológico, este proyecto presenta unos lineamientos exploratorios para el abordaje de la simulación de restaurantes masivos (denominados así por su asignación casi exclusiva de toda la capacidad a un único ítem) con el objetivo de valorar el impacto de factores productivos asociados a la capacidad en el nivel de servicio. Entre los aspectos más relevantes se encuentran que, los estudios realizados en el pasado fueron la base para alimentar el modelo de simulación con información de calidad y también un apoyo importante de validación del modelo. También, en la selección del software y el desarrollo computacional del modelo, se obtuvo que el software es muy intuitivo y amigable con el usuario, permitiendo una buena experiencia en cuanto al diseño de la red y la salida de los datos a procesar. Sin embargo, cabe resaltar que el posterior análisis de la información y el análisis de sensibilidad, requiere de software adicional (como hojas de cálculo) que no está incluido dentro este. Por último, en la simulación del sistema y el posterior análisis de sensibilidad, a pesar de que el tiempo de simulación es relativamente corto por réplica (5 segundos), el software no posee opciones para facilitar el tratamiento de la información de múltiples réplicas y por lo tanto hay que recurrir a reprocesos y software adicional. En conclusión, el software tiene un desequilibrio entre el proceso de diseño y representación, y el tratamiento estadístico de la información que puede ser relativamente fácil de abordar con hojas de cálculo y macros.
- En relación con los resultados obtenidos de las medidas de desempeño, se encuentra que cada una de ellas y sus relaciones entre sí, permiten establecer juicios sobre el sistema en diferentes condiciones del mismo, es decir, permite evaluar el sistema en condiciones reales y artificiales, gracias al proceso de validación llevado a cabo, a la naturaleza de los datos obtenidos y su procesamiento. Además, al analizar estas relaciones entre

las medidas de desempeño se pueden comprender aspectos del sistema en su conjunto, y no solo desde una perspectiva reduccionista.

- El impacto generado por factores internos sobre el nivel de servicio se pudo valorar mediante la metodología propuesta en este proyecto, pues se encontró que los escenarios que más variación tuvieron en las medidas de desempeño fueron la *avería de la máquina de carne*, seguida de la *disminución de la tasa de servicio* y el *aumento en el nivel de servidores de carne*. Esto muestra la importancia de los factores asociados a la producción de carne en el restaurante, así como también de los asociados al servicio como lo son los servidores. Cabe señalar que estos últimos constituyen el puente entre el usuario y la producción, y en este sentido se debe recalcar su valor en la gestión del restaurante.
- También se pudo concluir que en general todos los escenarios planteados generan un efecto en las medidas de desempeño excepto en la hora de atención del último usuario. Las más afectadas son las medidas de desempeño asociadas al nivel de servicio y la satisfacción del cliente, es decir, los *tiempos de espera promedio en la cola* y el *promedio de usuarios en la cola*, en ese orden. Esto constituye un indicador de la sensibilidad de estas medidas al tiempo que demuestra la importancia de incluirlas en el estudio de la gestión de la capacidad en restaurantes.
- Al responder a la pregunta de investigación ¿cómo valorar el impacto de los factores productivos asociados a la capacidad sobre el nivel de servicio de un restaurante de fabricación masiva? podemos evidenciar en este documento el desarrollo de una metodología que parte de una mirada holística del sistema y que a la vez analiza detalladamente ciertos aspectos,

que permiten una mejor toma de decisiones por parte de los administradores y sin duda alguna encierra aspectos fuertemente relacionados con el nivel de servicio y la satisfacción del cliente.

- Si bien este estudio es exploratorio por cuanto trata de comprender la dinámica del sistema para luego hacer experimentos y observar posibles comportamientos, nos da la posibilidad de expandir el universo de variables para explorar de un modo sistemático y fácilmente replicable otras características del sistema, lo cual es necesario para el diseño metodológico de resolución de problemas organizacionales. Las redes de Petri permiten manipular la estructura del modelo sin perder validez respecto a los objetivos planteados inicialmente, lo cual derriba una barrera en cuanto a simulación de sistemas complejos que no pueden ser fácilmente modificados porque pierden validez. Esto permite profundizar el estudio futuro de otros factores que no fueron tenidos en cuenta en este proyecto, de una manera relativamente simple.
- La complejidad de una organización productiva como la es el restaurante universitario, requiere de herramientas cada vez más avanzadas para su gestión, que permitan obtener información con mayor valor agregado, para tomar mejores decisiones y conseguir los objetivos organizacionales de manera efectiva. Por lo tanto, contar con una herramienta para valorar el impacto de múltiples factores sobre una variable o más aspectos deseados, conduce a mejores decisiones en el corto, mediano y largo plazo, sin incurrir en altos costos, mejorando así la satisfacción del cliente y la de las demás partes involucradas.

11. BIBLIOGRAFÍA

Bitran, G., & Mondschein, S. (1997). Managing the tug-of-war between supply and demand in the service industries. *European Management Journal*, 15(5), 523–536. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0263-2373\(97\)00032-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-2373(97)00032-7)

Castellanos Arias, J. S., & Solaque Guzmán, L. E. (2010). MODELADO CON REDES DE PETRI E IMPLEMENTACIÓN CON GRAFCET DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE CON PROCESOS CONCURRENTES Y RECURSOS COMPARTIDOS. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 20(1).

Chase, R. B., Aquilano, N. J., & Jacobs, F. R. (2005). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. McGraw-Hill. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=0kWabwAACAAJ>

Corsten, H., & Stuhlmann, S. (1998a). Capacity management in service organisations. *Technovation*, 18(3), 163–178. doi:10.1016/S0166-4972(97)90121-8

Corsten, H., & Stuhlmann, S. (1998b). Capacity management in service organisations. *Technovation*, 18(3), 163–178. doi:10.1016/S0166-4972(97)90121-8

Dominguez Machuca, J. A., & González García, S. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios* (p. 503). McGraw-Hill/Interamericana de Espana, S.A. Retrieved from http://books.google.com.co/books?id=5EL_RAAACAAJ

Fullana Belda, C., & Urquía Grande, E. (2009). Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación. *Encuentros Multidisciplinares*. Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3023238&info=resumen&idioma=SPA>

HILLIER, F., & LIEBERMAN, G. (2006). *INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES* (Octava Edi., p. 1061). Mexico D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

Hwang, J., Gao, L., & Jang, W. (2010). Joint demand and capacity management in a restaurant system. *European Journal of Operational Research*, 207(1), 465–472. doi:10.1016/j.ejor.2010.04.001

Hwang, J., & Lambert, C. (2008a). The interaction of major resources and their influence on waiting times in a multi-stage restaurant. *International Journal of Hospitality Management*, 27(4), 541–551. doi:10.1016/j.ijhm.2007.08.005

Hwang, J., & Lambert, C. (2008b). The interaction of major resources and their influence on waiting times in a multi-stage restaurant. *International Journal of Hospitality Management*, 27(4), 541–551. doi:10.1016/j.ijhm.2007.08.005

Law, A. M. (2007). *Simulation Modeling & Analysis* (4th ed., p. 768). New York, New York, USA: MacGraw-Hill.

Lee, Y. L., & Hing, N. (1995). Measuring quality in restaurant operations: an application of the SERVQUAL instrument. *International Journal of Hospitality Management*, 14(3–4), 293–310. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0278-4319\(95\)00037-2](http://dx.doi.org/10.1016/0278-4319(95)00037-2)

Lovelock, C. (1992). Seeking synergy in service operations: Seven things marketers need to know about service operations. *European Management Journal*, 10(1), 22–29. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/026323739290040B>

Osorio, J. C., & Mota, T. G. (2008). Planificación jerárquica de la producción en un job shop flexible. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (44), 158–171. Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=43004416>

Qian, L. (2011). Market-based supplier selection with price, delivery time, and service level dependent demand. *International Journal of Production Economics*, 147, 697–706. doi:10.1016/j.ijpe.2013.07.015

Ruiz, D. (2007). *Análisis de la Capacidad Instalada del Servicio de Producción del Restaurante* (p. 44). Cali.

Salcedo, M., & Giraldo, L. (2010). *Propuesta Metodológica para la Estimación de la Capacidad en un Restaurante de Fabricación Masiva*. Chemistry & Universidad del Valle.

Victoria Rohlf, K. (2009). *The Role of Space in Revenue Management*. *Revenue Management*. Cornell University.

ANEXOS

Anexo A. Crecimiento de Demanda en la Universidad del Valle (Ver CD-Rom)

Anexo B. Medidas de Desempeño del Modelo de Simulación