



Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

*Facultad de Ciencias Agropecuarias*

**Departamento de Ingeniería Agrícola**

## Trabajo de Diploma



*Modelado del proceso de postcosecha del cultivo del tomate.*

*Autora:* Yarletys Ordoñez García

*Tutor:* M.Sc. Carlos Alberto Pereira Marín

Curso 2016-2017

## **DEDICATORIA**

A mi Familia

## **AGRADECIMIENTOS**

- Mi total y profundo agradecimiento a mi mamá, por ser el apoyo y la luz en todo momento de mi vida.
- A mi familia en general por el ánimo siempre presente a seguir.
- A mi tutor Carlos por su imprescindible ayuda para la culminación de mis estudios.
- A todos los profesores del departamento de Ingeniería Agrícola.
- A mis amigos y compañeros de estudio durante los 5 años de la carrera.

## **Resumen**

El control y los sistemas de aseguramiento de la calidad son necesarios para ser competitivos en la producción de alimentos. La unidad operacional durante el procesamiento debe garantizar un flujo continuo de productos para que puedan aplicarse las técnicas de monitoreo y seguimiento. El análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención. En Cuba se ha avanzado considerablemente hacia la comprensión y el control de los riesgos, y paralelamente ha aumentado el interés de las empresas y organizaciones en el desarrollo de software que automatice todo el proceso de negocio. Los sistemas de gestión de procesos de negocio (BPMS) son una nueva categoría de software y abren una nueva era en la infraestructura de las tecnologías de la información. Este trabajo presenta los resultados de la incorporación del sistema de APPCC en la implementación de una metodología de gestión de procesos de negocio (BPM), para el proceso de postcosecha del cultivo del tomate. La integración de ambas metodologías permitió la determinar los niveles de riesgos en los puntos críticos, causados principalmente por factores biológicos y físicos en algunas de las etapas del proceso de postcosecha del tomate. Así mismo, el modelado del proceso de negocio incrementa el grado de precisión en la toma de decisiones y la eficiencia operacional.

## **Abstract**

Control and quality assurance systems are necessary to be competitive in food production. The operational unit during processing must ensure a continuous flow of products so that the techniques of monitoring and follow-up can be applied. Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) is an instrument for assessing hazards and establishing control systems that focus on prevention. In Cuba, considerable progress has been made towards understanding and controlling risks, while at the same time increasing the interest of companies and organizations in software development that automates the entire business process. Business Process Management Systems (BPMS) are a new category of software and open a new era in information technology infrastructure. This paper presents the results of the incorporation of the HACCP system in the implementation of a business process management (BPM) methodology for the post - harvest process of the tomato crop. The integration of both methodologies allowed the quantification of risk levels, while the business process modeling increases the degree of precision in decision making and operational efficiency.

## Tabla de contenido

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
1.1. PROCESOS DE POSTCOSECHA.....	4
1.1.1. <i>Actividades del proceso de postcosecha del tomate.....</i>	<i>6</i>
1.1.2. <i>Principales causas de pérdidas durante la postcosecha.....</i>	<i>10</i>
1.2. EL PROCESO DE ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL.....	12
1.3. LA GESTIÓN DE LOS PROCESOS DE NEGOCIO.....	15
1.3.1. <i>Ciclo de vida de la gestión de procesos de negocio.....</i>	<i>17</i>
1.3.2. <i>Modelado de los procesos de negocio.....</i>	<i>19</i>
1.3.3. <i>Herramientas y lenguajes para el modelado de procesos de negocio.....</i>	<i>20</i>
1.4. CONCLUSIONES PARCIALES.....	21
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
2.1. METODOLOGÍA DEL HACCP.....	23
2.2. METODOLOGÍA PARA EL MODELADO DE LOS PROCESOS.....	23
2.2.1. <i>Notación del modelado de procesos de negocio.....</i>	<i>23</i>
2.2.2. <i>Herramienta de modelado y simulación BIZAGI STUDIO.....</i>	<i>25</i>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
3.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE POSTCOSECHA DEL TOMATE.....	26
3.1.1. <i>Esquema del proceso de postcosecha del tomate.....</i>	<i>26</i>
3.1.2. <i>Flujo de operaciones en el cultivo del apio.....</i>	<i>28</i>
3.2. ANÁLISIS DE LOS PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS DE LOS PROCESOS DE POSTCOSECHA DEL TOMATE.....	29
3.2.1. <i>HACCP aplicado para el proceso de postcosecha del tomate.....</i>	<i>29</i>
3.2.2. <i>Descripción de los peligros y riesgos en el proceso de postcosecha del tomate..</i>	<i>33</i>
3.2.3. <i>Limites críticos de los peligros y riesgos en los puntos críticos del proceso.....</i>	<i>33</i>
3.1. MODELADO DEL PROCESO DE POSTCOSECHA DEL TOMATE.....	35
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS</b>	

## **Introducción.**

La postcosecha de un cultivo se puede definir ampliamente como el proceso de acciones y operaciones de manipulación que se le realizan en el período de tiempo transcurrido entre la cosecha del cultivo y su consumo final en forma natural o procesada. Durante este proceso se pueden presentar grandes pérdidas, ya sea por mal manejo o manipulación que se le dé al producto, por prolongado tiempo del proceso que pueda influir en la fisiología, por aplicaciones de elementos químicos, etc. En la actualidad, el control y los sistemas de aseguramiento de la calidad son necesarios para ser competitivos en la producción de alimentos. La unidad operacional durante el procesamiento debe garantizar un flujo continuo de productos para que puedan aplicarse las técnicas de monitoreo y seguimiento.

Para garantizar alimentos de calidad y sin riesgos para la salud pública, deben cumplirse sistemas de producción de alimentos seguros desde el productor hasta el consumidor "*FARM TO FORK*". Estos sistemas de producción implican, por tanto, el empleo de análisis de riesgos, biológicos, químicos, físicos y la reducción de los mismos mediante acciones concretas, una vez identificado el peligro (Iglesias\_Hernández *et al.*, 2006).

El análisis de puntos críticos (APPCC) es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse principalmente en el ensayo del producto final. El sistema APPCC (*HACCP* por sus siglas en inglés para *Hazard Analysis and Critical Control Points*) se basa en un sistema de ingeniería conocido como análisis de fallas, modos y efectos, donde en cada etapa del proceso, se observan los errores que pueden ocurrir, sus causas probables y sus efectos, para entonces establecer el mecanismo de control (OPS, 2014). El sistema es aplicable a todos los eslabones de la cadena alimentaria, desde la producción, pasando

por el procesado, transporte y comercialización, hasta la utilización final en los establecimientos dedicados a la alimentación o en los propios hogares.

El interés de las empresas y organizaciones ya no está limitado únicamente al desarrollo de software que automatice determinadas actividades individuales, también tienen como objetivo final la automatización de todo el proceso de negocio, ya que de ello depende en gran parte su competitividad. Surgen entonces nuevas necesidades de capturar, modelar, ejecutar y monitorizar los procesos de negocio, vistos como un conjunto de procedimientos o actividades enlazadas, cuya realización permite alcanzar un cierto objetivo o meta en el contexto de una organización (Alvez et al., 2006). La gestión por procesos de negocio (*BPM* por sus siglas en inglés para *Business Process Management*) resulta una herramienta dentro del control de gestión que puede ser aplicada al proceso de alimentos en búsqueda de su mejoramiento dada la importancia del mismo.

La incorporación de los criterios del sistema *HACCP* en la mejora del proceso de postcosecha puede ser de gran ayuda en la toma de decisiones en los momentos de solventar las tareas que contrarresten las pérdidas por los riesgos identificados en cada etapa del proceso. En Cuba se ha avanzado considerablemente hacia la comprensión y el control de los riesgos previstos o existentes y el desarrollo de métodos y modelos para identificar los peligros que amenazan la salud, así como predecir la inocuidad de los alimentos. Sin embargo, no se ha encontrado publicación en la literatura especializada, donde se expongan resultados de la aplicación del *BPM* a la metodología del *HACCP*, como alternativa tecnológica para la ayuda en la toma de decisiones durante los procesos de postcosecha de cualquier cultivo, y de forma particular del cultivo de tomate.

Surge entonces como **problema de investigación** la necesidad crear un modelo computacional de mando integral para el control de las actividades de postcosecha del tomate, mediante la aplicación de una metodología basada en los criterios del sistema *HACCP* e integrada a las tecnologías de la gestión de procesos de negocio, con el objetivo de garantizar un mayor grado de inocuidad del producto final. Se tiene **como objeto** de estudio el proceso de postcosecha

Por consiguiente, el **objetivo general** del presente trabajo es modelar el flujo operacional de la postcosecha del cultivo del tomate, para ayudar y agilizar la toma de decisiones en el análisis de los peligros y puntos críticos de control, mediante las tecnologías de gestión de procesos de negocio.

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario definir los siguientes **objetivos específicos**:

1. Determinar el flujo del proceso de postcosecha del cultivo de tomate.
2. Identificar los peligros y puntos críticos del flujo operacional de postcosecha del tomate.
3. Establecer los niveles de riesgos físicos, biológicos y químicos.
4. Modelar el proceso de negocio correspondiente al flujo operacional.

Cómo **hipótesis** de esta investigación se plantea que es posible integrar el *HACCP* como metodología en la ayuda a la toma de decisiones, bajo el enfoque de gestión de procesos de negocio, a partir del modelado de los procesos de postcosecha del cultivo de tomate.

# **1. Revisión bibliográfica.**

## **1.1. Procesos de postcosecha.**

La postcosecha se refiere al conocimiento de los procesos y la tecnología de manejo adecuados que se le hacen a un producto cosechado en estado natural y fresco. Los dos objetivos principales de la aplicación de técnicas postcosecha a los productos agrícolas son mantener la calidad (apariencia, textura, sabor, valor nutritivo y sanitario) y reducir las pérdidas entre la cosecha y el consumo. Según Martínez\_Cardona (2010), también resultan objetivos no menos importantes, posibilitar el consumo de productos altamente perecederos y la conservación de otros para periodos más largos. La clave para alcanzar estos objetivos es un manejo eficiente durante el momento de postcosecha, más que el empleo de tecnología con un alto nivel de desarrollo.

Si bien el uso de tecnologías avanzadas, mediante la inversión de capital en maquinarias modernas, puede ofrecer ventajas en las operaciones a gran escala, frecuentemente estas opciones no son factibles para los productores a pequeña escala por la simple razón de ser economías de bajo capital. Para pequeños volúmenes, o cuando la operación comercial es de recursos limitados, pueden utilizarse tecnologías sencillas y de bajo costo. Este tipo de tecnologías son útiles para los productores que están involucrados en la comercialización directa de sus productos así como para los pequeños productores a nivel doméstico y también para los compradores y vendedores de alimentos frescos en países en vías de desarrollo.

Según Reina *et al.* (1998), se debe tener en cuenta que la postcosecha refleja de manera positiva o negativa el manejo precosecha. Postcosecha o recolección es el periodo que transcurre desde el momento en que los productos son recolectados hasta aquel en el cual son consumidos en estado fresco, preparados o transformados industrialmente. Este periodo depende de varios factores Intrínsecos y extrínsecos del

producto tales como variedad, estado de desarrollo, grado de madurez al cosechar, comportamiento fisiológico, sanidad, destino final, distancia entre los centros de producción y consumo, medio de transporte, condiciones ambientales, usos y medios de conservación.

En el sistema postcosecha existen numerosos elementos que interaccionan. Frecuentemente la producción es manejada, transportada y almacenada repetidas veces desde la cosecha hasta el consumo (Figura 1). Las prácticas individuales y la secuencia de operaciones variará para cada cultivo y para cada tipo de contrato de comercialización, pero existen una serie de elementos o acciones generales en cualquier sistema postcosecha que son usados como referencia.

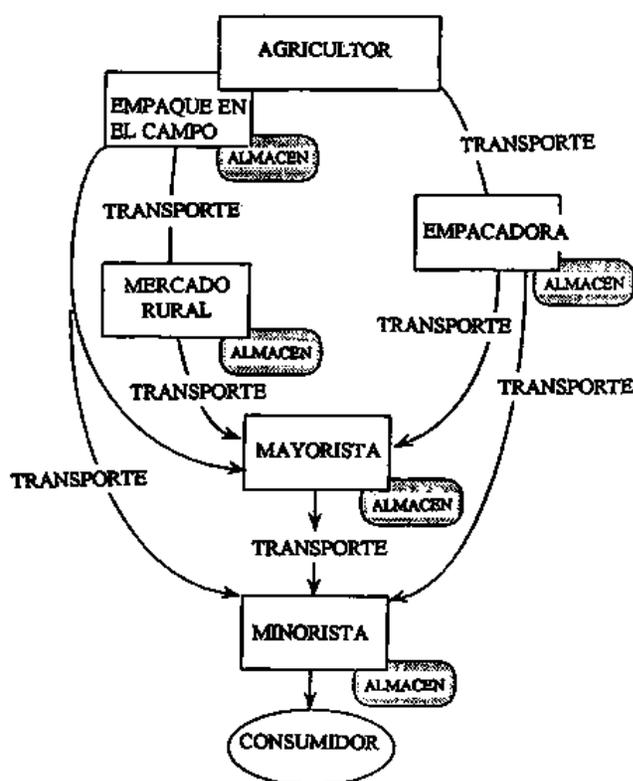


Figura 1. Elementos generales del manejo postcosecha de mercancías. Fuente (FAO, 2005)

De manera general existen varias acciones en el proceso de postcosecha de un cultivo que pueden ser resumidas en cosechar, envasar, transportar, beneficiar, clasificar, almacenar y comercializar. Estas acciones pueden presentarse o no de

manera repetida, en dependencia del tipo de proceso de postcosecha, o sea, las entidades comercializadoras o las de beneficio reciben la materia prima de las entidades de producción, de sus socios agricultores o bien de compras a terceros.

#### 1.1.1. Actividades del proceso de postcosecha del tomate.

El tomate es una hortaliza muy perecedera, que se puede cosechar en diferentes estados de madurez (desde verde maduro hasta rojo firme). Una vez cosechado continúa su madurez, con mayor rapidez a medida que aumenta la temperatura. Las labores de postcosecha en este cultivo se inician desde el momento en que se determina que el estado de madurez de los frutos corresponde al solicitado por el mercado que atiende, teniendo en cuenta el tiempo que se demore hasta llegar al mercado (Arjona\_Gómez, 2004).

El manejo postcosecha incluye todas las operaciones y procedimientos tendientes no sólo a movilizar el producto desde el productor hasta el consumidor sino también a proteger su integridad y preservar su calidad de acuerdo a sus características físico-químicas y biológicas.

Entre las operaciones de postcosecha del tomate podrían estar las siguientes (Reina *et al.*, 1998):

- ▶ Cosecha o recolección: La buena calidad se obtiene cuando la cosecha se hace en el estado de madurez adecuado. Por otra parte, el retraso de la cosecha aumenta su susceptibilidad a la pudrición, demeritando su calidad y disminuyendo su valor en el mercado. Las prácticas de manejo deben ser las adecuadas (evitar golpes, rozaduras, evitar pudriciones posteriores, etc.). La cosecha del tomate (Figura 2) se debe realizarse principalmente en las primeras horas por la mañana (8 horas) y/o las últimas de la tarde (15 horas); tratar de no dejar el producto en el campo y que se transporte lo más rápido posible al lugar de comercialización o intermediario.



Figura 2: Actividad de cosecha del cultivo del tomate.

- ▶ **Envasado:** Con un buen empaque se logra: obtener unidades eficientes para el manejo, proteger la calidad, reducir las pérdidas, proteger el producto contra daños mecánicos como los producidos por impacto, caídas y vibraciones. Permitir el intercambio de calor propio de campo y el calor de respiración (Figura 3). Para el empaque no deben utilizarse bultos o sacos, es recomendable cajas plásticas. El canasto causa deterioro del producto y disminuye su vida comercial, en comparación con la cajilla plástica que mantiene mejor el producto (INTA, 2013).



Figura 3: Empaque del tomate con facilidades de ventilación y evitar calor.

- ▶ **Transporte:** Es un eslabón de importancia en el manejo, conservación y distribución del producto. Se inicia en el campo en los sitios de cosecha o de acopio. La selección del sistema de transporte adecuado para trasladar productos perecederos del campo al mercado incluye los siguientes factores; distancia y tiempo para llegar al mercado, tratamientos anteriores al transporte, empaque, condiciones ambientales durante el transporte y distribución. En transporte de corta duración, el producto debe protegerse contra daños mecánicos y exposición a temperaturas extremas. Se debe

evitar el manejo rudo durante el cargue y descargue. En el transporte a distancias largas o en la espera por poca capacidad de resguardo de la entidad receptora (Figura 4), se tiene el riesgo adicional de deterioro debido al calentamiento excesivo y marchitamiento.



Figura 4: Transporte masivo de tomate hacia la industria.

- Acopio, limpieza y clasificación: El producto recolectado no debe dejarse a la intemperie, debe protegerse de la lluvia, el viento, el calor o el frío excesivo. De lo contrario se deshidratará, se marchitará y su vida posterior será muy corta. El acopio se puede localizar en casetas rústicas construidas cerca al cultivo o en un sitio sombreado. La limpieza es la acción para remover cualquier sustancia o cuerpo extraño adherido a la superficie del producto como tierra, residuos químicos y microorganismos, mediante el lavado, desinfección y secado. En tanto la selección se hace con el fin de obtener uniformidad, de separar las unidades buenas de las regulares y malas, y para desechar del lote todos aquellos productos que no sean aptos para la conservación y el consumo. Esta se realiza generalmente en forma manual, ya que es la mejor manera de detectar defectos, daños, color, estado de madurez, firmeza y enfermedades del fruto (Figura 5).



Figura 5: Etapa de limpieza y clasificación del tomate.

- **Almacenamiento:** Es la operación de guardar un producto en unas condiciones específicas de temperatura, humedad relativa y atmósfera por un tiempo determinado para que se mantengan en un estado dado de calidad. Es una etapa necesaria en procesos, cuyas actividades posteriores no son de inmediata ejecución, por ejemplo donde se espera por un proceso de maduración del fruto, donde el producto sea de exportación o demore la actividad de distribución y venta o donde exista insuficiencias del transporte, en la capacidad de la industria conservera, etc. Con el almacenamiento se trata de lograr mantener la calidad del producto, controlar la saturación de la fruta en el mercado, permitir una comercialización más ordenada, mejorar el surtido de frutas y reducir las pérdidas causadas por la putrefacción.

Para el almacenamiento frigorífico se recomienda las siguientes temperaturas en la cámara, según el estado de madurez de los frutos: verde maduro, 12 a 15°C; pintón, 10 a 12°C y rojo firme, 8 a 10°C. La humedad relativa debe estar entre 85 a 95%. Por debajo de estas temperaturas puede haber daño por frío. El tiempo de conservación es variable según las condiciones de almacenamiento y la variedad usada, fluctuando entre 10 a 30 días. El acondicionamiento de los frutos debería considerar las siguientes etapas: limpieza, clasificación por tamaño, calidad y color (operaciones que pueden ser manuales o mecanizadas) y Envasado (manual). La manipulación en forma cuidadosa evita daños mecánicos y contaminaciones cruzadas lo que es fundamental para lograr un producto de calidad (SPE3, 2014).

- **Distribución.** La distribución se efectúa por medio de personas, carretas, vehículos, etc. Así el número de veces que el producto se ha movido y sus implicaciones sobre los costos de comercialización son suficientes para percibir el impacto del transporte.

Como quiera que se defina o que contenga determinadas etapas, el manejo de postcosecha de un cultivo constituye un proceso de negocio cuyo objetivo final es lograr un producto de alta calidad, pero con las mínimas pérdidas posibles.

### 1.1.2. Principales causas de pérdidas durante la postcosecha.

La calidad del producto agrícola no se puede mejorar pero se puede conservar después de su cosecha. La mejor calidad se obtiene cuando la cosecha se hace en el estado apropiado de madurez. Los productos cosechados sin las condiciones óptimas resultan de calidad baja y maduran de forma irregular. Por ejemplo, las hortalizas cosechadas demasiado pronto pueden permanecer verdes más tiempo, pero su calidad nunca será la mejor, en tanto, los tomates que se recogen maduros deben ser procesados rápidamente, de lo contrario pierden calidad por el proceso de maduración y el producto se vuelve frágil.

Muchas pueden ser las causas de las pérdidas en la etapa de postcosecha. La carencia de métodos apropiados de envasado, la inadecuada manipulación en la recolección y durante el transporte del producto hacia los centros de acopio y de éstos a mercados de consumo. También lo pueden ser la transformación fisiológica del producto cuando se está madurando, provocado por altas temperaturas y clima favorable para el mismo.

Las causas más comunes de pérdidas postcosecha (Tabla 1) en los países en vía de desarrollo incluyen el manejo poco cuidadoso del producto y la falta de sistemas adecuados para el enfriamiento y el mantenimiento de la temperatura. A estos problemas se suman la falta de clasificación del producto antes de su almacenamiento y el uso de materiales inadecuados para el empaque (FAO, 2005).

Tabla 1: Principales factores de pérdidas en postcosecha en diversos grupos de frutas y hortalizas.

Grupo	Ejemplos	Causas de pérdidas
Hortalizas de raíz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zanahorias</li> <li>• Remolacha</li> <li>• Ajo</li> <li>• Patata</li> <li>• Boniato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño mecánico</li> <li>• Curado inadecuado</li> <li>• Germinación y desarrollo de raíces</li> <li>• Podredumbre</li> <li>• Daño por frío (cosechas de raíces tropicales y subtropicales)</li> </ul>

Hortalizas de hoja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lechuga</li> <li>• Acelga</li> <li>• Espinaca</li> <li>• Repollo</li> <li>• Cebolletas (cebolines)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de agua</li> <li>• Pérdida del color verde (amarillamiento)</li> <li>• Daño mecánico</li> <li>• Tasa de respiración relativamente alta</li> <li>• Podredumbre</li> </ul>
Hortalizas de flor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcachofa</li> <li>• Brócoli</li> <li>• Coliflor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño mecánico</li> <li>• Amarillamiento y oscurecimiento</li> <li>• Abscisión de los floretes</li> <li>• Podredumbre</li> </ul>
Hortalizas de fruto inmaduro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pepinos</li> <li>• Calabacín (calabacitas)</li> <li>• Berenjena</li> <li>• Pimientos</li> <li>• Oca</li> <li>• Judías verdes (chícharos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobremadurez al cosechar</li> <li>• Pérdida de agua</li> <li>• Abrusiones y otros daños mecánicos</li> <li>• Daño por frío</li> <li>• Podredumbre</li> </ul>
Hortalizas de fruto maduro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomate</li> <li>• Melones</li> <li>• Bananas</li> <li>• Cítricos</li> <li>• Uvas</li> <li>• Frutos de hueso</li> <li>• Mangos</li> <li>• Manzanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrusiones</li> <li>• Sobremadurez y ablandamiento excesivo al cosechar</li> <li>• Pérdida de agua</li> <li>• Daño por frío o calor (sensibles temperaturas extremas)</li> <li>• Cambios composicionales</li> <li>• Podredumbre</li> </ul>

Fuentes de Normas de Calidad y Mercado de Exportación. Fuente (FAO, 2008).

En general, si se minimiza el manejo brusco, se realiza una preselección para eliminar el producto dañado y/o podrido y existe un manejo eficiente de la temperatura, se reducirán las pérdidas y la vida útil del producto será mucho mayor. Es de vital importancia insistir que el tomate, así como todas las hortalizas y las frutas, son un organismo vivo, susceptibles a daños físicos y de tipo microbiológico. Estos daños, referentes al manejo de postcosecha, ocasionan desde el momento de la recolección hasta el consumo pérdidas, cercanas por ejemplo al 35% de la producción hortifrutícola colombiana, equivalente a 2.7 millones de toneladas, para el año 2000 (Arjona\_Gómez, 2004).

Es posible reemplazar la magnitud de estas pérdidas por un aumento de la producción, pero como puede observarse en la tabla 2, por ejemplo al aumentar las pérdidas en la producción de granos en forma constante, la producción debe aumentar

proporcionalmente mucho más. En efecto, lo que puede pasar es que un aumento de la producción dé origen a un incremento en la proporción de las pérdidas debido a lo inadecuado del manejo y mercadeo del volumen adicional, pero además los precios pueden declinar y las pérdidas económicas para el productor pueden ser aún mayores.

Tabla 2: Proporción de las pérdidas en toneladas de granos respecto de la producción en el proceso de postcosecha.

<b>Pérdida poscosecha %</b>	<b>Grano apto para consumo t</b>	<b>Producción necesaria para tener 100 t después de la pérdida poscosecha t</b>	<b>Aumento de producción necesaria para compensar la pérdida poscosecha %</b>
0	100	100	0
10	100	111	11
20	100	125	25
30	100	143	43
40	100	166	66
50	100	200	100
60	100	250	150
70	100	333	233
80	100	500	400
90	1 00	1 000	900
100	100	Infinita	Infinita

Fuente (FAO, 2008).

Cuando las pérdidas poscosecha son pequeñas, basta un ligero aumento de la producción mayor que la pérdida postcosecha, para compensar la deficiencia. A medida que el porcentaje de pérdida aumenta, el porcentaje de la producción necesario para compensar la pérdida, aumenta en mayor proporción. Se necesita un 25% de aumento en la producción para compensar una pérdida de poscosecha de 20%, un 66% para compensar una pérdida de 40% y un 150% para compensar una pérdida de 60%.

## **1.2. El proceso de análisis de peligros y puntos críticos de control.**

El *HACCP*, que tiene fundamentos científicos y carácter sistemático, permite identificar los peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la

inocuidad de los alimentos. Es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse principalmente en el ensayo del producto final. Todo sistema *HACCP* es susceptible de cambios que pueden derivar de los avances en el diseño del equipo, los procedimientos de elaboración o el sector tecnológico, por consiguiente presenta un ciclo de mejoramiento (Figura 6) que debe repercutir en la eficiencia de la organización.

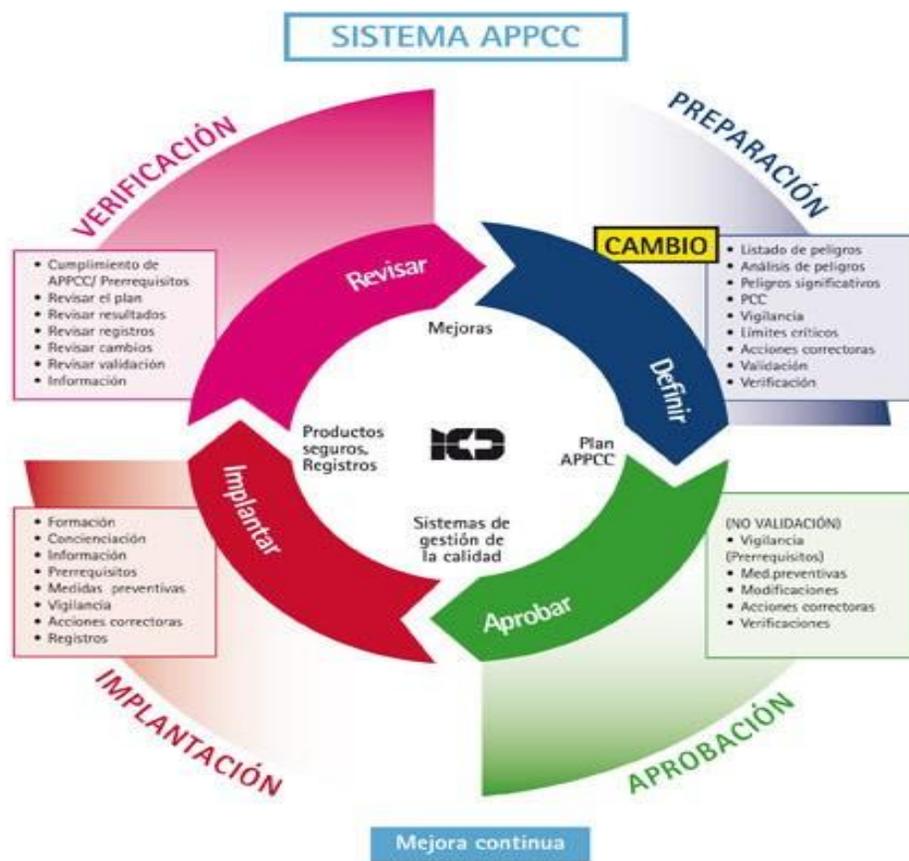


Figura 6. Ciclo de vida de la metodología *HACCP*.

El *HACCP* puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor final, y su aplicación deberá basarse en pruebas científicas de peligros para la salud humana. Además de mejorar la inocuidad de los alimentos, la aplicación del Sistema de APPCC puede ofrecer otras ventajas significativas, facilitar asimismo la inspección por parte de las autoridades de

reglamentación, y promover el comercio internacional al aumentar la confianza en la inocuidad de los alimentos (Carro, 2012).

Según OPS (2014), en la elaboración de un plan HACCP, hay cinco etapas de la secuencia lógica que deben cumplirse antes de la aplicación de los principios del HACCP para productos y procesos específicos. Estas cinco etapas son:

- Armar el equipo HACCP.
- Describir el producto.
- Describir el uso propuesto y los probables consumidores del producto.
- Elaborar un flujograma describiendo el proceso.
- Verificar el flujograma.

La primera tarea en la elaboración de un plan HACCP es montar el equipo, con personas que tengan experiencia y conocimientos específicos sobre el producto y el proceso. El equipo debe ser multidisciplinario e incluir a diferentes profesionales como: ingenieros, veterinarios, bioquímicos, licenciados, etc. Debe también contar con personas conocedoras de las operaciones, pues están familiarizadas con sus variabilidades y limitaciones. Además, participar del equipo aumenta el sentido de responsabilidad entre aquellos que implementaron dicho plan. El equipo HACCP puede necesitar del auxilio de especialistas externos, con conocimiento de los peligros biológicos, químicos y físicos asociados al producto y al proceso. Sin embargo, un plan elaborado apenas por participantes externos puede ser falible, incompleto y no contar con apoyo local.

Se recomienda que la Dirección General de la empresa indique un coordinador para el equipo, para que sea evidente su compromiso con la implantación del Sistema HACCP. El coordinador deberá formar parte del organigrama de la empresa, y estar directamente relacionado con la Dirección General. Los demás miembros del equipo deberán recibir entrenamiento específico, para desarrollar un plan HACCP.

Debido a la naturaleza técnica de las informaciones, se recomienda que especialistas en procesamiento de alimentos participen del análisis de peligros y de la elaboración del plan HACCP, o verifiquen si están completos. Los especialistas deben tener conocimiento y experiencia para:

- (a) Realizar el análisis de peligros;
- (b) Identificar los peligros potenciales;
- (c) Identificar los peligros que necesitan ser controlados;
- (d) Recomendar controles, límites críticos y procedimientos de monitoreo y verificación;
- (e) Recomendar las acciones correctivas adecuadas, cuando ocurra un desvío;
- (f) Recomendar estudios relacionadas con el plan HACCP, cuando perciban falta de conocimiento sobre informaciones importantes; y
- (g) Validar el plan HACCP.

Para la implantación del sistema HACCP, dada la diversidad de productos hortofrutícolas y de procesos de manipulado y envasado, se debe diseñar un diagrama de flujo general que englobe todas las fases posibles que pueden existir en los distintos procesos de los productos considerados y en las distintas empresas hortofrutícolas. Cada fase del diagrama de flujo encierra sus peligros, siendo estos consecuencia de los distintos elementos a controlar (instalaciones, personal manipulador, superficies de contacto, etc.) (InfoAgro, 2016).

### **1.3. La gestión de los procesos de negocio.**

El interés de las organizaciones ya no está limitado únicamente al desarrollo de software que automatice determinadas actividades individuales, también tienen como objetivo final la automatización de todo el proceso de negocio, ya que de ello depende en gran parte su competitividad. Surgen entonces nuevas necesidades de capturar, modelar, ejecutar y monitorizar los procesos de negocio, vistos como un conjunto de procedimientos o actividades enlazadas, cuya realización permite alcanzar un cierto objetivo o meta en el contexto de una organización (Alvez *et al.*, 2006).

El concepto de proceso de negocio surge cuando una organización orienta sus actividades a satisfacer las necesidades de todos los agentes relacionados con dicha organización (proveedores, empleados, clientes, terceros).

La gestión de procesos de negocio (*BPM* siglas en inglés para *Business Process Management*) está influenciada por conceptos y tecnologías que provienen tanto del área de administración de negocios como del área de ciencia de la computación. *BPM* tiene sus raíces en la tendencia de orientación de procesos en la década del 90, donde se propuso una nueva forma de organización de las compañías basada en procesos de negocio (González\_Fernández, 2013).

El *BPM* se ha venido empleando como término para ir reemplazando el de diagrama de flujo de actividades (en inglés *Workflow*) (Weske, 2007). También porque los diagramas de flujo de actividades han ido evolucionando e incorporando nuevas funcionalidades (Alvez *et al.*, 2006). van\_der\_Aalst *et al.* (2004) define a *BPM* como un “soporte para los procesos de negocio que utiliza métodos, técnicas y software para diseñar, promulgar, controlar y analizar procesos de operaciones que involucran a seres humanos, organizaciones, aplicaciones, documentos y otras fuentes de información” (Figura 7).

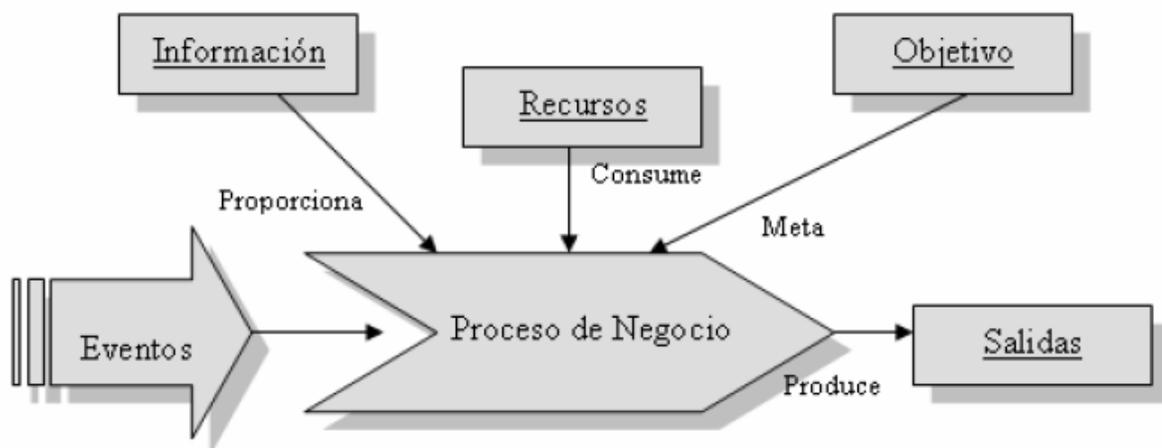


Figura 7. Componentes de un proceso de negocio.

Los orígenes de *BPM* se remontan a la mitad de la década de 1970 cuando la automatización de procesos fue incluida como parte del prototipo de automatización de oficinas de Xerox Parc (*Officetalk*, desarrollado por Skip Ellis y Gary Nutt) y Wharton (*SCOOP*, desarrollado por Michael Zisman). (Pyke, 2006)

En resumen, teniendo en cuenta las definiciones expuestas por estos y otros autores del término “gestión de procesos de negocio” se puede afirmar que:

- Consiste en un conjunto de actividades estructuradas y relacionadas entre sí que se realizan en coordinación.
- Posee siempre un objetivo a lograr y este puede estar relacionado con la satisfacción del cliente, proveedor o empleado con la entrega de un determinado servicio o producto.
- Transforma entradas (uno o varios productos o servicios iniciales) para alcanzar el objetivo.
- Necesita de una organización para desarrollarse pues no tiene sentido si no se desarrolla dentro de una organización o entidad.

Existen tres tipos de procesos de negocio (Weske, 2008):

- Estratégicos: son aquellos que orientan la dirección de una organización, por ejemplo, “planeación estratégica”, “establecer objetivos y metas”;
- Sustantivos: son los que dan el valor al cliente, son parte principal del negocio, por ejemplo, “repartir mercancías”;
- Apoyo vertical u horizontal: son los que dan soporte a los procesos centrales, por ejemplo, “registrar los hechos económicos”, “dar soporte/servicio técnico”.

Algo importante a tener presente es que *BPM* no es una tecnología de software, pero se apoya y hace uso de la misma para su implementación efectiva.

### *1.3.1. Ciclo de vida de la gestión de procesos de negocio.*

El ciclo de vida del proceso de negocio se muestra en la figura 8, que consta de cuatro fases que están relacionados entre sí. Las fases se organizan en una estructura cíclica, mostrando sus dependencias lógicas. Estas dependencias no implican un orden estricto temporal en el que las fases necesitan ser ejecutados (Weske, 2007).

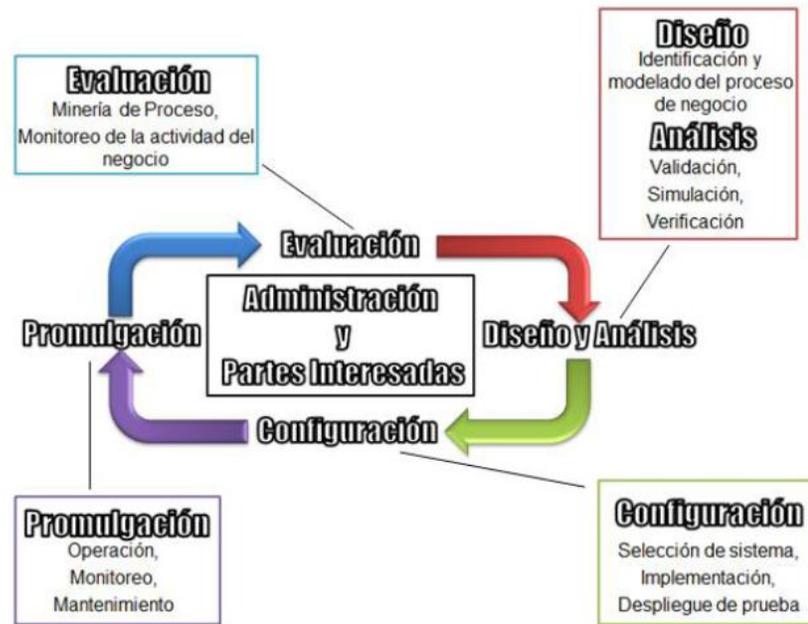


Figura 8. Ciclo de vida del proceso de negocio (fuente Weske, 2007)

- ❖ **Diseño y análisis:** El ciclo de vida de los procesos de negocio se centra en la fase de diseño y análisis, en el que los estudios sobre los procesos de negocio y su entorno organizativo y técnico se llevan a cabo. En base a estos estudios, los procesos de negocio serán identificados, revisados, validados, y representados por el modelo de proceso de negocio. Se expresan en una notación gráfica, facilitan la comunicación sobre estos procesos, de manera que las diferentes partes interesadas se pueden comunicar fácilmente y hacerles mejoras en caso que sea necesario.
- ❖ **Configuración:** Una vez que el modelo de proceso de negocios está diseñado y verificado, tiene que ser implementado. El sistema tiene que ser configurado de acuerdo con el ambiente organizacional de la empresa y los procesos de negocio cuya promulgación se debe controlar. Esta configuración incluye las interacciones de los empleados con el sistema, así como la integración del sistema de software existente con el sistema de gestión de procesos empresariales. En la configuración del sistema, la aplicación del proceso de negocio tiene que ser probada. Las técnicas tradicionales de análisis del área de ingeniería de software se utilizan en el ámbito de las actividades del proceso para comprobar, por ejemplo, si un sistema de software expone el comportamiento esperado.

- ❖ **Promulgación:** Una vez que la fase de configuración del sistema se completa, las instancias de procesos empresariales pueden ser promulgadas. Abarca el tiempo de ejecución real del proceso de negocio. Las instancias de procesos empresariales se inician para cumplir con los objetivos de negocio de una empresa, por ejemplo, la recepción de una orden enviada por un cliente.
- ❖ **Un componente de monitoreo de un sistema de gestión de procesos** permite visualizar el estado de las instancias del proceso de negocio. El control del proceso es un mecanismo importante para el suministro de información. Los datos de ejecución se reúnen por lo general en algún tipo de archivo de registro. La información de registro es la base para la evaluación de los procesos en la siguiente fase del ciclo de vida.
- ❖ **Evaluación:** La fase de evaluación utiliza la información disponible para evaluar y mejorar los modelos de procesos de negocio y sus implementaciones. Los registros de ejecución se evalúan utilizando supervisión de la actividad y las técnicas minería de proceso. Estas técnicas tienen por objetivo la identificación de la calidad de los modelos de procesos de negocio y la adecuación del entorno de ejecución.

### *1.3.2. Modelado de los procesos de negocio.*

La automatización de los procesos reduce errores, asegurando que los mismos se comporten siempre de la misma manera y ofreciendo elementos que permitan visualizar el estado de los mismos. Esto tiene como consecuencia que los procesos estén claramente definidos y documentados, logrando una estandarización y homogeneización de los mismos, por lo tanto es posible su optimización continua. La administración de los procesos permite asegurar que estos se ejecuten eficientemente, y la obtención de información que luego puede ser usada para mejorarlos.

El modelado de proceso de negocio, según Weske (2007), es “el subsistema de modelación de proceso de negocio que se utiliza para la creación de modelos de procesos de negocio, contiene información sobre las actividades, sus operaciones y la estructura del proceso de negocio. Esta arquitectura de subsistema se puede realizar por las herramientas de modelación de procesos de negocio”

En el trabajo diario se tiende a confundir el término de modelo de proceso de negocio e instancia de proceso de negocio, los cuales están estrechamente ligados pero no son lo mismo.

Un modelo de proceso de negocio consiste en un conjunto de modelos de actividades y las restricciones de ejecución entre ellos. Una instancia de un proceso de negocio representa un caso concreto en el negocio operativo de una compañía, que consiste en las instancias de la actividad. Cada modelo de proceso de negocio actúa como un modelo para un conjunto de instancias de procesos de negocio, y cada modelo de actividad actúa como un modelo para un conjunto de instancias de actividad (Weske, 2007).

### *1.3.3. Herramientas y lenguajes para el modelado de procesos de negocio.*

Los sistemas de gestión de procesos de negocio (*BPMS* siglas en inglés para *Business Process Management Systems*) son una nueva categoría de software y abren una nueva era en la infraestructura de las tecnologías de la información. Los *BPMS* permiten a las empresas modelar, implementar y gestionar los procesos de negocio, que abarcan múltiples aplicaciones empresariales, departamentos y socios. *BPMS* es la suite de tecnologías *BPM* que incluye todos los módulos funcionales, las capacidades técnicas y la infraestructura de apoyo integradas en un único entorno para realizar todas las funciones de la tecnología *BPM* de manera perfecta y sin fisuras.

Desde las investigaciones iniciales sobre los diagramas de flujo de actividades existe una gran variedad de modelados de procesos, como los mencionados por van\_ der\_Aalst *et al.* (2005), los modelos de referencia; los modelos de diagramas de flujo de actividades, los modelos o simulaciones de procesos, entre otros.

Existen numerosos grupos de investigación que desarrollan su trabajo en esta área, entre ellos se destacan: *OMG (Object Management Group)*, *WfMC (Workflow Management Coalition)*, *BPMI (Business Process Management Initiative)*, *BPMG (Business Process Management Group)*, *ebXML (UN/CEFACT and OASIS)*, *Eindhoven University of Technology*, *WARIA*.

Pérez (2008) profundizó en el conocimiento de las notaciones y lenguajes más relevantes para distinguir los diferentes enfoques existentes y las características

diferenciadoras. Para este estudio el autor trabajó sobre los estándares y lenguajes UML, a SPEM (*Software Process Engineering Metamodel*), BPMN, también XPDL (*XML Workflow Definition Language*), jBPM-jPDL (*jBOSS Process Definition Language*), IDEF(*ICAM Definition Language*) y ARIS-EPC (*Event-Driven Process Chain*).

En este estudio descrito, el autor no tuvo en cuenta factores cualitativos, en su lugar tan sólo se apoyó *a-priori* en factores poco técnicos como la disponibilidad de las mismas, fueron elegidos por ser los más usados dentro de la industria, los de más éxito comercial o estar apoyados por organismos que tiene un gran peso dentro del ámbito de la ingeniería del software o del modelado y definición de procesos.

*UML* fue la especificación de software más extendida de *OMG* en la década del 2000 al 2010. Una de las partes de *UML*, los diagramas de actividad, se ha utilizado para el modelado de procesos de negocio aunque su uso para este tipo de propósito fue muy criticado por Pérez (2008) dada la limitada expresividad de las primeras versiones. En tanto, Loyola (2006) plantea que en una arquitectura ideal, los estándares que deberían estar incluidos son *BPEL*, *BPMN* y *WS-CDL* y los que deberían estar excluidos son *BPML*, diagramas de actividad de *UML*, *XPDL*, *WfXML*, *WAPI*, *WSCI*, *WSCL*, *XLANG*, *WSFL* y *BPSS*.

Estableciendo comparativamente las características desde el punto de vista de notación, soporte de patrones y facilidad de manejo para los usuarios dentro del ámbito de la gestión de proceso de negocio, se obtuvo como resultado que *BIZAGI* provee una notación gráfica fácil y clara, capaz de representar complejos procesos y soporta casi todos los patrones.

#### **1.4. Conclusiones parciales.**

A través de la modelación de las actividades y procesos puede lograrse la innovación mediante el análisis, es decir, un mejor entendimiento del negocio “sobre el papel” antes de destinar recursos para su realización y muchas veces esto presenta la oportunidad. Si una empresa conoce de sus procesos, podrá entonces modelarlos, estudiarlos, medirlos y finalmente optimizarlos para satisfacer los objetivos del negocio y minimizar las pérdidas ocasionadas por factores evitables.



## **2. Materiales y Métodos.**

### **2.1. Metodología del HACCP.**

Sistema de APPCC: Documento preparado de conformidad con los principios del Sistema de APPCC, de tal forma que su cumplimiento asegura el control de los peligros que resultan significativos (Carro, 2012). Permite identificar, evaluar y controlar peligros significativos para la inocuidad de los alimentos.

Validación: Constatación de que los elementos del plan de APPCC son efectivos.

### **2.2. Metodología para el modelado de los procesos.**

El grupo *BPMI* (siglas en inglés para *Business Process Management Initiative*) ha venido desarrollando un estándar de modelado de procesos, *BPMN* (siglas en inglés para *Business Process Management Notation*). El objetivo principal es proporcionar una notación, que sea fácilmente comprensible para todos los usuarios empresariales, desde los analistas de negocio en la creación de los borradores iniciales de los procesos, hasta los desarrolladores técnicos, responsables de implementar la tecnología que llevará a cabo esos procesos y finalmente, a los empresarios que gestionarán y supervisarán esos procesos.

#### *2.2.1. Notación del modelado de procesos de negocio.*

*BPMN* es una notación gráfica que describe la lógica de los pasos de un proceso de negocio. Esta notación ha sido especialmente diseñada para coordinar la secuencia de los procesos y los mensajes que fluyen entre los participantes de las diferentes actividades y es de muy fácil uso (Smith *et al.*, 2003).

El objetivo fundamental de *BPMN* es proporcionar una notación estándar que sea entendible por los analistas del negocio, que crean y refinan los procesos, y los gerentes del negocio, que monitorean y administran los procesos. Consecuentemente la

intención es servir como lenguaje de enlace entre el diseño y la implementación de los procesos de negocio, así como ofrecer soporte solamente para los conceptos aplicables a los procesos de negocio.

En la actualidad, existen muchos lenguajes de modelación de procesos de negocios, herramientas y metodologías. La adopción de *BPMN* como estándar contribuye a la unificación de los conceptos básicos y avanzados de los procesos de negocio.

Dentro de un modelo *BPMN* existe un conjunto de elementos gráficos que permiten representar un proceso de negocio y hacen fácil el entendimiento del proceso, tanto para usuarios del negocio como para desarrolladores.

Los elementos de *BPMN* se pueden clasificar en cuatro categorías básicas (OMG, 2011) (Figura 9):

- Objetos de Flujo: Eventos, Actividades, Compuertas (acrónimo del inglés Gateway)
- Objetos de Conexión: Flujo de Secuencia, Flujo de Mensajes, Asociación
- Canales: Piscina, carriles (acrónimo del inglés Pool, Lane)
- Artefactos: Objetos de Datos, Grupos, Anotaciones

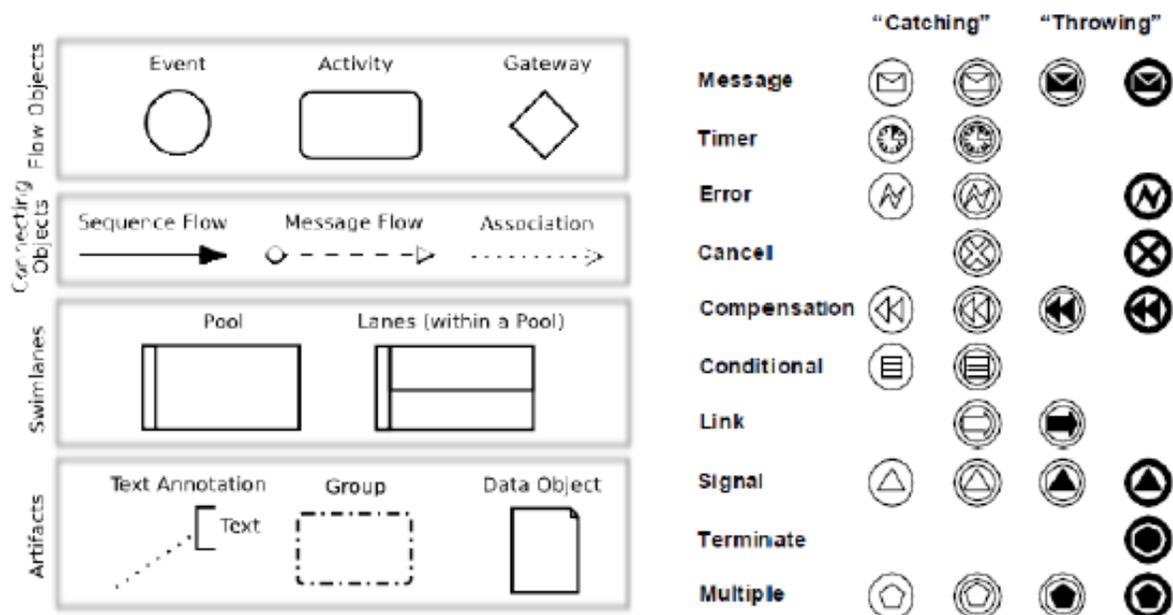


Figura 9: Vista general de los elementos de la notación *BPMN*

### *2.2.2. Herramienta de modelado y simulación BIZAGI STUDIO.*

Para la etapa de modelación se propone la herramienta de modelación llamada BizAgi, la cual es una suite con dos productos complementarios, un modelador de procesos y una suite de gestión de procesos de negocio

El modelador de procesos de BizAgi (BizAgi Process Modeler) es un software gratis (freeware) utilizado para modelar y documentar los procesos de manera gráfica, con el estándar *BPMN*. Los procesos y su documentación correspondiente pueden exportarse a Word, PDF, Visio, la web o SharePoint3 para compartirllos y comunicarlos. De acuerdo con las herramientas de diseño disponibles en el mercado, BizAgi soporta la modelación de procesos hechos en MSVisio y en ARIS.

También permite automatizar procesos complejos, organizarlos dentro de aplicaciones, niveles y categorías. Ofrece un conjunto de herramientas que permite definir gráficamente la modelación asociada a un proceso de negocio (flujograma, reglas de negocio, interfaz de usuario, etc.). Ha puesto a disposición de la comunidad un conjunto de plantillas de procesos ejecutables que se pueden descargar del sitio web (BIZAGI\_Group, 2017).

BizAgi hace uso del lenguaje de BPMN donde un conjunto de figuras o plantillas son utilizados para dibujar cuadros de flujo de proceso, haciendo posible estandarizar el proceso de modelación. En BizAgi el proceso es la aplicación.

### **3. Resultados y Discusión.**

#### **3.1. Identificación de las actividades del proceso de postcosecha del tomate.**

En cada una de las fases del cultivo de los diferentes productos se considerara la posibilidad de introducción, de aumento o de supervivencia de los riesgos o peligros considerados en los productos. Teniendo en cuenta los equipos que intervienen en las fases, el entorno, el personal, etc. Se analizarán, cada uno de los riesgos independientemente y por separado. El riesgo contemplado en el estudio será de tal índole que su eliminación o reducción hasta niveles tolerables sea esencial para la producción de un alimento inocuo.

##### *3.1.1. Esquema del proceso de postcosecha del tomate.*

De forma general y analizando algunos procesos de postcosecha del tomate en otros países, por ejemplo en algunos países de Europa se tienen las siguientes etapas representadas en la figura 10. En este análisis efectuado a la cadena de producción biológica de tomate en Europa se puede observar, la existencia de etapas repetidas en varios de los procesos, mientras que en algunos procesos no existen etapas que están presentes en otros. Esto se debe a la existencia de los diferentes contratos de compra-distribución-venta y del tipo de actividad que se ejecutan en el proceso.

En la figura 11 se muestra un esbozo de lo que pudiera ser un proceso de postcosecha del cultivo de tomate en Cuba. En este esquema se representa el flujo de actividades que conforman el proceso en una sola dirección pero con dos alternativas, dependiendo de los tipos de contratos o cadena distribución. En una opción el producto puede pasar directo de la cosecha a la etapa de venta, lo cual sucede generalmente en condiciones de granja, UBPC o agricultores cuentapropista, mientras que la otra alternativa, el cultivo se somete a tareas de beneficio y es distribuido por otra entidad

intermedia, al igual que el transporte se realiza según contratos de las entidades involucradas.

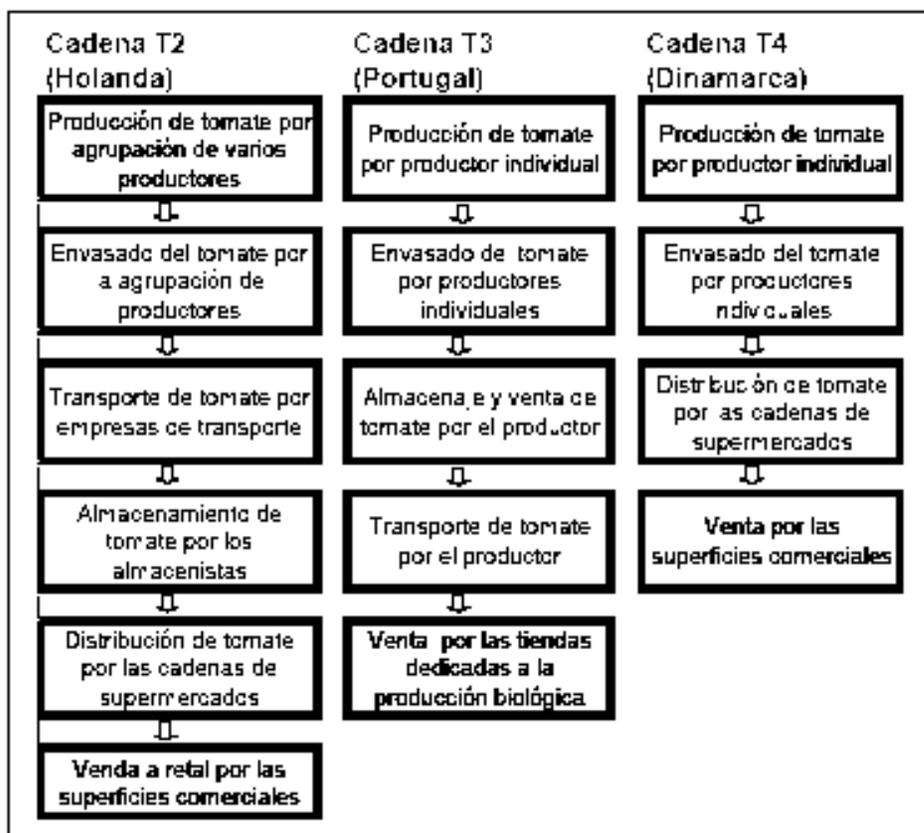


Figura 10: Algunos procesos de postcosecha del tomate en Europa. Fuente: Producción de Tomate ([www.organichaccp.org](http://www.organichaccp.org))



Figura 11: Esbozo del flujo del proceso de postcosecha del tomate para condiciones de Cuba.

### 3.1.2. Flujo de operaciones en el cultivo del apio

En el diagrama de flujo general se han recogido las posibles fases existentes en la manipulación del cultivo. Considerando la gran diversidad de posibles etapas en el proceso de postcosecha, a continuación se presentan ejemplos de distintos productos en las fases definidas.

Actividad	Descripción	Responsables
Cosecha	La recolección se realiza de forma manual con ayuda de latas o jabas acondicionadas para el traslado hasta el envase para el transporte.	Entidad productora
Envasado	Después de ser recolectados se realiza una limpieza (restos de tierra, exceso de hojas, etc), se cortan los tallos y se limpian las pencas mediante una ducha de agua clorada, tras su escurrido se procede al embolsado con film o bolsa y se depositan en cajas de cartón.	Entidad distribuidora
Almacenamiento	De corta duración (inferior a dos días): se realiza cuando hay incapacidad de respuesta en la etapa posterior, ya sea para la industria o para el consumo	Entidad distribuidora
Limpieza y	Los tipos de limpieza pueden ser muy	Entidad de beneficio

Clasificación	variables. Se realizan el calibrado y la clasificación del producto, que pueden ser automáticas o manuales.	
Transporte	Las cajas con el producto se cargan en el vehículo para su transporte al lugar de destino.	Entidad de transporte
Comercialización	Se realiza la venta a los consumidores finales del producto.	Entidad comercializadora

### **3.2. Análisis de los peligros y puntos críticos de los procesos de postcosecha del tomate.**

Esperar a que los tomates verdes maduren puede ser un proceso frustrante, ya que el momento en que esto sucede depende de las fluctuaciones del clima y de otras condiciones. Los tomates pasan por diferentes etapas al madurar y el momento en que son cosechados depende de la estrategia de maduración a emplear. Estos frutos pueden recolectarse temprano y dejarse madurar bajo cubierta o pueden dejarse madurar completamente en la planta, siempre y cuando estén protegidos de las plagas. El proceso final de maduración depende de la temperatura, humedad, niveles de luz y otras condiciones ambientales.

#### *3.2.1. HACCP aplicado para el proceso de postcosecha del tomate.*

Para la realización del diseño del sistema APPCC se visitaron diferentes entidades, como mercados, placitas y puestos de ventas de cuentapropistas pertenecientes a las empresas asociadas a la agricultura y de esta manera poder identificar los peligros en cada una de las diferentes fases del cultivo objeto de este estudio.

El diagrama de flujo de los elementos que intervienen en cada fase y basándose en dicho diagrama poder realizar el flujo de operaciones para desarrollar las acciones preventivas que mantengan a los peligros en unos límites admisibles, es decir bajo control. Diseñando un sistema preventivo de control periódico de la calidad de los alimentos que permite evaluarlos objetivamente y evitar riesgos.

<b>Etapa</b>	<b>Causas principales de las pérdidas</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Medidas y formas para eliminar las pérdidas</b>
Cosecha	Tiempo incorrecto - Producto sub- o sobre desarrollado.	R	- Determinación del estado correcto de desarrollo para conservar mejor el valor nutritivo y el sabor. - Recolección selectiva.
	Descuido durante la cosecha.	M-L	- Realizar manipulación correcta del producto
	- Cosecha sin cuidado.	M	- Entrenamiento y supervisión de los trabajadores.
	- Recipientes inadecuados para cosechar.	M	- Desarrollar o recomendar mejores recipientes para cosechar.
	Exposición innecesaria a temperaturas altas.	F	- Garantizar rápido movimiento o transporte de producto
	- Cosechar durante las horas más calurosas	R	- Cosechar durante las horas más frescas del día.
	- Exposición de los productos al sol.	R	- Cubrir los productos con hojas, provisión de techos, enfriar el producto, más frecuente recolección del producto cosechado.
	Transporte de campo descuidado.	M	- Realizar manipulación correcta del producto
	- Conducir sin cuidado.	M	- Instrucción y supervisión de los choferes.
	- Vehículos inadecuados.	M	- Vehículos más adecuados.
- Exceso de carga.	M	- Determinación de la altura máxima de la carga a granel o de la estiba de recipientes o sacos.	
Clasificación por calidad/ empaque	Falta de estándares de calidad o de requisitos mínimos.	M	- Fijación de requisitos mínimos. - Entrenamiento en clasificación por calidad y control de los productos clasificados.
	Manipulación descuidada.	M	- Instrucción y entrenamiento sobre mejor manipulación. - Desarrollo o introducción de una mejor clasificación por calidad, empaque y métodos de manipulación o equipo.
	Recipientes inadecuados: - muy grandes - ásperos - sin rebordes - no aptos para estibar	M	- Determinación e introducción de tipos más adecuados de recipientes para los diferentes productos.

	Llenado excesivo de los recipientes.	M	- Control de llenado.
Acopio	Lugares de acopio sin preparación adecuada.	R-I	- Preparación del sitio y proveer protección.
Carga y descarga	Manipulación descuidada.	M	- Instrucción y supervisión sobre manipulación. - Introducción de equipo que facilite un manejo suave.
	Exceso de carga.	M	- Determinación y control de la altura máxima de estiba.
	Estiba deficiente.	M	-Estandarización y mejora de los contenedores. - Obligar a los vehículos a tener equipos para asegurar la carga.
	Ventilación inadecuada de las bodegas de almacenamiento, pilas y estibas.	R	- Mejoramiento del edificio. - Usar material permeable para cubiertas y para dar sombra. - Dejar corredores de aire entre las estibas. - Reducir la altura de la estiba. - Instalar repisas en la bodega. - Usar contenedores estivales que permitan la circulación por la parte superior y a través de los muros. - Instalar ventilación forzada.
	Temperaturas de almacenamiento demasiado altas.	R	- Hacer mejor uso de las posibilidades de enfriamiento natural. - Usar el enfriamiento con equipo.
	Manipulación descuidada, pilas o estibas demasiado altas.	M	- Reducir la altura de la estiba o usar repisas o contenedores más fáciles de estibar. - Usar equipo para el transporte mecánico y el manejo.
Maduración	Falta de uniformidad en la madurez.	R	- Clasificación antes de la madurez comercial de acuerdo a la maduración fisiológica.
	Equipo y métodos de maduración inadecuados.		- Mejor control de la temperatura y composición del aire/gas.
	Manipulación descuidada.	M	- Entrenamiento y supervisión del personal. - Usar contenedores y equipo de transporte más apropiados.

			- Usar repisas y contenedores más apropiados para la estiba en la bodega de maduración.
Transporte	Malos caminos, manejo descuidado, vehículos inadecuados.	M	- La prioridad para mejorar los caminos es el transporte de productos perecibles
			- Concentrar el transporte de frutas y hortalizas en vehículos más apropiados y conducidos en forma más cuidadosa.
			- Introducción de vehículos más apropiados para caminos malos.
			- Evitar los vehículos cargados parcialmente.
Comercio Mayorista	Protección insuficiente contra el sol y la lluvia.	R	- Proveer protección suficiente (techar los mercados). - Provisión de frío.
	Manipulación des- cuidada, espacio insuficiente.	M	- Proveer más espacio expandiendo los mercados. - Instrucción y supervisión del personal.
	Trabajadores irresponsables.	M	- Provisión de equipo para facilitar la manipulación cuidadosa. - Mejor organización del movimiento del producto.
Comercio	Mercados minoristas: protección y espacio insuficiente.	R	- Expansión de mercados minoristas. - Techado de los mercados minoristas. - Exhibición sólo bajo protección.
	Locales de venta: abastecimiento a intervalos muy largos. Protección insuficiente.	R	- Manejo de volúmenes menores para permitir un abastecimiento más frecuente. - Medidas para aumentar la vida de almacenamiento.
Almacena- miento en el hogar	Facilidades de almacenamiento inadecuadas.	R	- Desarrollo e introducción de mejores métodos de almacenamiento.
	Procesamiento insuficiente: - Falta de conocimiento. - Falta de equipo.		- Desarrollo e introducción de mejores métodos para la conservación y procesamiento. - Desarrollo y provisión de mejor equipo, especialmente los de uso común.

R = Reducción de la calidad fisiológica.

M = Daño mecánico (heridas).

I = Infección de frutas y hortalizas sanas.

L = Perdidas a causa de métodos o recursos insuficientes para la conservación.

### 3.2.2. Descripción de los peligros y riesgos en el proceso de postcosecha del tomate.

#### a) Biológicos:

- Potenciales contaminaciones que se pudieran producir por no aplicar buenas prácticas agrícolas.
- Contaminación de los productos por condiciones inadecuadas de transporte de los productos hasta la empresa (suciedad en los camiones, transporte con estiércol, animales, etc).
- Daños mecánicos producidos durante el transporte hasta la empresa que pudieran favorecer la transmisión o el crecimiento de microorganismos en los productos.

#### b) Químicos:

- Contaminación por la utilización de productos fitosanitarios no autorizados para los cultivos.
- Presencia de residuos de productos fitosanitarios por encima de los niveles máximos legislados.
- Contaminación durante el transporte, con productos químicos susceptibles de entrar en contacto con los productos hortofrutícolas. (Menor cuando el producto es transportado en envase cerrado).

#### c) Físicos:

- Presencia de objetos extraños en el interior de ciertos productos, por no aplicar buenas prácticas agrícolas.

### 3.2.3. Límites críticos de los peligros y riesgos en los puntos críticos del proceso.

Los límites críticos de los peligros y riesgos en las diferentes etapas se determinaron de acuerdo al porcentaje máximo de pérdidas que puedan ocurrir por estos conceptos, o sea, se estimó por cierto rango por debajo de las posibles pérdidas para tener el margen posible de las pérdidas ocasionadas.

Ejemplo: En todo el proceso de postcosecha se puede llegar hasta un 35% de pérdida del producto, repartiéndose la misma entre las diferentes etapas en una proporción más o menos como la siguiente, según encuestas a especialistas en el tema: cosecha hasta 15%, transporte hasta 5%, almacenamiento entre 5% -7%, este último en dependencia de las condiciones de almacenamiento, dejándose un 5% para otras causas no previstas en el proceso. Si por concepto de mala práctica en la etapa de cosecha del tomate se llega a tener una pérdida del 20%, quiere decir que sólo se obtendrá al final el 60% del producto en condiciones de consumo, para una pérdida del 40%, o sea, 5% por encima de lo estimado. Para este caso, el límite de riesgo para esta pérdida en la etapa de cosecha sería del 70% al 80%, es decir, sólo puede haber un pérdida de no más del 12% y de esta manera tener margen en el resto de las etapas para las pérdidas previstas.

#### Toma de decisiones:

En el momento de la recepción de cada partida, el encargado de recepción comprobará mediante inspección visual que no se ha transportado el producto con elementos incompatibles y que las cajas están adecuadamente apiladas y llenadas.

La empresa dispondrá de un plan de muestreo para el control de residuos en productos fitosanitarios que podrá realizar en cualquier fase del proceso y siempre antes de la comercialización.

En el caso de que la fuente de la que proviene el agua de uso agrícola sea considerada un factor potencial de peligro microbiológico para el producto, se exigirá al agricultor proveedor el cumplimiento de un plan de muestreo de esta, para evaluar la existencia de una posible contaminación, investigando la presencia de coliformes fecales.

La empresa dispondrá de un plan de muestreo para el control del contenido en nitratos de hortalizas de hoja, cuando sea necesario.

El personal asignado se asegurará del cumplimiento de las directrices de cultivo fijadas por la empresa por parte de los agricultores.

#### Acciones correctoras

En sistemas capitalistas de producción, la devolución o rechazo de partidas sería la decisión a tomar, en caso de que el producto se encuentre en condiciones inaceptables. La eliminación de productos que no reúnen las condiciones higiénicas necesarias, también estaría en el grupo de decisiones, o también pudiera ser el desvío en la utilización de la partida, buscando en cada caso la solución más adecuada.

En caso, cambio de proveedor por incumplimiento de las directrices de cultivo y transporte.

Informar a los agricultores que producen y transportan los productos sobre las directrices de cultivo y transporte fijadas por la empresa.

### **3.1. Modelado del proceso de postcosecha del tomate.**

A partir de todos los elementos descritos anteriormente se procede entonces a la descripción y modelado del proceso mediante los elementos gráficos del BPMN y con ayuda de un software que soporta este tipo de modelado de procesos, para su posterior simulación.

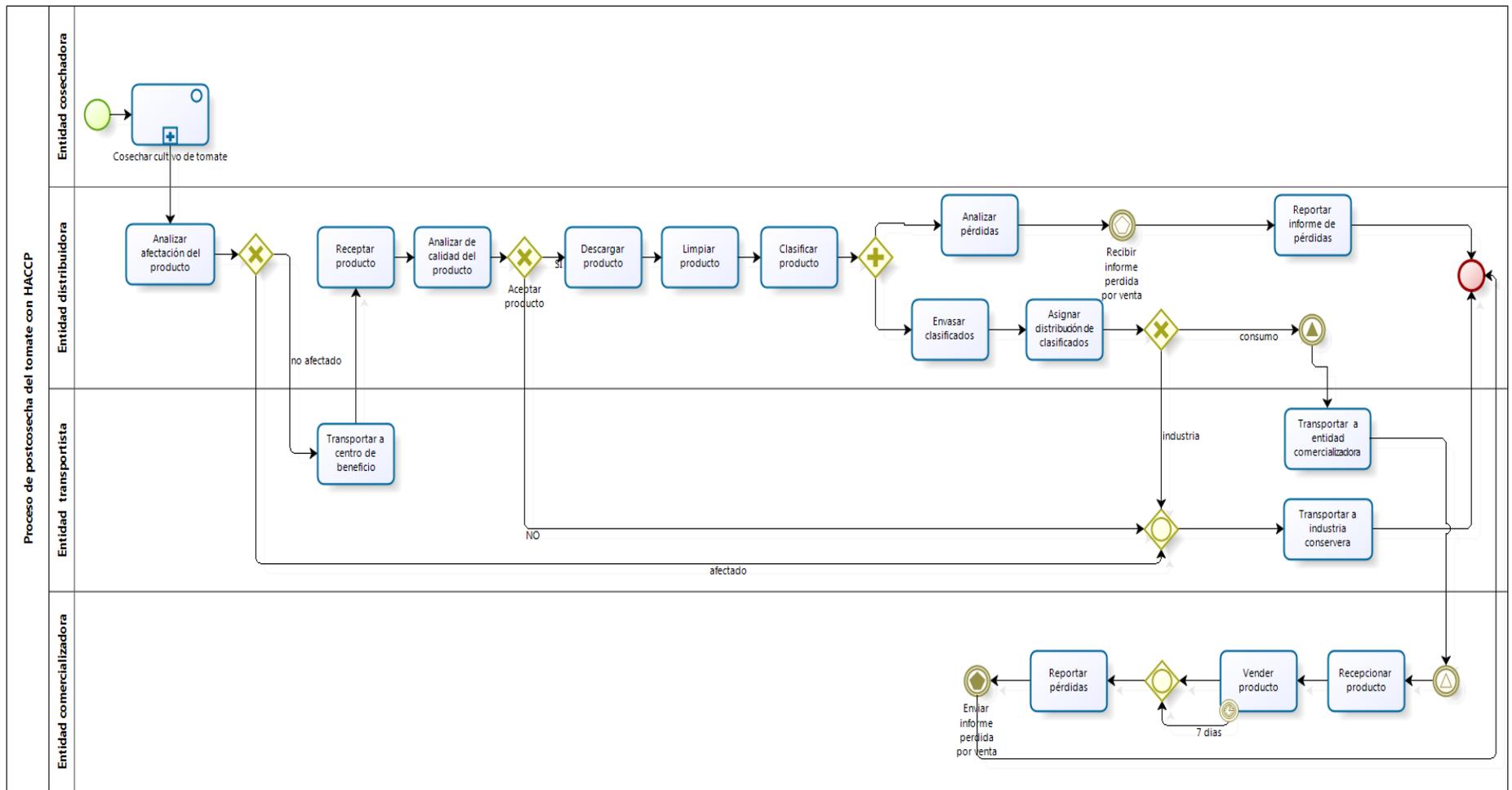


Figura Modelado del proceso de postcosecha del tomate mediante Bizagi Modeler con notación BPMN

## **Conclusiones.**

- Se determinaron las diferentes etapas del flujo de postcosecha del tomate, para las condiciones de producción existentes en Cuba.
- Los peligros y riesgos más frecuentes en el *HACCP* del tomate están determinados por los golpes que pueden recibir a pesar del buen manejo del cultivo y la maduración por altas temperaturas y exposición al sol.
- La cuantificación de los niveles de riesgos tienen un cierto grado de subjetividad al ser analizados de forma general.
- El modelado del proceso de negocio para la postcosecha del tomate ha sido un resultado que logra la automatización del control de dicho proceso e incrementa el grado de precisión en la toma de decisiones.

## **Recomendaciones.**

Simular la implementación de las actividades que intervienen en el proceso de postcosecha.

Validar esta metodología a partir de evaluaciones en próximas cosechas.

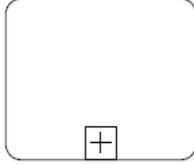
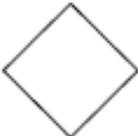
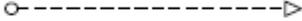
## Bibliografía.

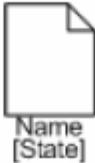
- ALVEZ, P., FOTI, P. & SCALONE, M. 2006. Proyecto Batuta - Generador de Aplicaciones Orquestadoras. *Estado del arte*. Montevideo: Universidad de la República.
- ARJONA\_GÓMEZ, C. 2004. El cultivo del tomate. Labores de postcosecha. *Frutas y Hortalizas de Colombia para el Mundo*. [Online]. Available: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/75710-Labores-de-postcosecha.html>
- BIZAGI\_GROUP. 2017. *BIZAGI* [Online]. Available: <http://www.bizagi.com/es/productos/bpm-suite/studio>.
- CARRO, R. 2012. Guía de aplicación del sistema de APPCC (HACCP). In: PLATA, U. N. D. M. D. (ed.) *Principios y recomendaciones para la aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control*. Argentina. [http://nulan.mdp.edu.ar/1616/1/11\\_normas\\_haccp.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1616/1/11_normas_haccp.pdf).
- FAO, F. A. O. 2005. Elementos generales del manejo postcosecha de mercancías. *Manual de manejo de cultivos* [Online].
- FAO, F. A. O. 2008. Mercadeo de producidos frescos y pérdidas poscosecha. In: FAO, F. A. O. (ed.) *Manual, folleto N° 6 de la Serie Tecnología Poscosecha*. EEUU: Repositorio de documentos.
- GONZÁLEZ\_FERNÁNDEZ, B. 2013. *Modelación del Proceso de Negocio de Postgrado en la UCLV*. Ingeniero Trabajo diploma, Matemática Física y Computación, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Villa Clara, Cuba.
- IGLESIAS\_HERRNÁNDEZ, E. & ACOSTA\_COUTO, L. 2006. *Bases técnicas para la aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control en la Empresa de Frutas Selectas de la provincia de Villa Clara*. Ingeniería Diploma, Ingeniería Agrícola, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- INFOAGRO. 2016. Análisis de peligros y de puntos de control críticos.
- INTA 2013. Manejo de la Cosecha y Postcosecha del Tomate. In: INTA (ed.). Nicaragua. <http://funica.org.ni/index/>.
- LOYOLA, W. 2006. BPM: Business Process Modelling. *Maestría en Sistemas de Información Gerencial*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- MARTINEZ\_CARDONA, J. 2010. Definición y ámbito de la postcosecha. *Postcosecha de productos agrícolas*. [Online]. Available from: <http://poscosechacombia.blogspot.com/2010/02/definicion-y-ambito-de-la-poscosecha.html> [2017].
- OPS, O. P. D. L. S. 2014. Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP). *In*: OMS, O. M. D. L. S. (ed.). EEUU: OMS.
- PÉREZ, J. D. 2008. Notaciones y lenguajes de procesos. Una visión global. Sevilla, España: Department of Computer Languages and Systems of the University of Sevilla.
- PYKE, J. 2006. Workflow - the new BPM? . 1,6.
- REINA, C. E., GUZMÁN, M. H. & TOVAR\_CAHVARRRO, O. 1998. Manejo de postcosecha y evaluación de la calidad para el tomate de árbol. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana.
- SMITH, H. & FINGAR, P. 2003. Business Process Management: The Third Wave. *In*: COALITION, B. P. M. I. A. T. W. M. (ed.) *Technical Excerpt BPML*. EEUU: Meghan-Kiffer Press.
- SPE3, B. E. P. N., POSTHARVEST NEWS 2014. Recomendaciones generales de manejo poscosecha para tomate. *In*: INTERKO, H. E. A. R. S. (ed.) *Postcosecha de frutas, hortalizas y ornamentales*. España. <http://www.poscosecha.com/es/noticias/recomendaciones-generales-de-manejo-poscosecha-para-tomate/id:79705/>.
- VAN\_DER\_AALST, W. M. P. 2005. Business Process Management Demystified: A Tutorial on Models, Systems and Standards for Workflow Management. *Eindhoven University of Technology*. Eindhoven.
- VAN\_DER\_AALST, W. M. P. & VAN\_HEE, K. M. 2004. Workflow Management: Models, Methods, and Systems. *MIT press*.
- WESKE, M. 2007. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*, ISBN/ISSN: 978-3-540-73521-2. Postdam, Germany, Springer Verlag.
- WESKE, M. 2008. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*, ISBN/ISSN: 978-3-540-73521-2. Postdam, Germany, Springer Verlag.

# ANEXOS

## Anexo 1: Elementos de BPMN:

Objetos de Flujo	<p><i>Eventos:</i> Un evento es representado por un círculo y en ocasiones sucede durante el curso de un proceso de negocio. Los eventos son círculos con centros abiertos para diferenciar los diferentes triggers o resultados. Hay tres tipos de eventos basados en el momento en que afectan el flujo: de inicio, intermedio o intermedio, y de fin.</p>	
	<p><i>Actividad:</i> Una actividad es representada por un rectángulo redondeado y es un término genérico del trabajo que desempeña la compañía. Una actividad puede ser atómica o no. Los tipos de actividades son Tareas y Subprocesos.</p>	
	<p><i>Subproceso:</i> Los detalles de un Subproceso no son posibles en el diagrama. El signo de "mas" situado en el centro inferior de la figura indica que la actividad es un subproceso y que tiene niveles de profundidad de detalles.</p>	
	<p><i>Gateway:</i> Es representado por una figura diamante y es usado para el control del flujo secuencial. Determina decisiones tradicionales, como la bifurcación, la mezcla y la unión de caminos</p>	
Conectores de Objetos	<p><i>Flujo secuencial:</i> es representado por una línea sólida con una saeta cerrada, usada para mostrar el orden de las actividades mejorando el desempeño en un proceso.</p>	
	<p><i>Flujo de mensajes:</i> Está representado por una línea discontinua con una saeta abierta, usada para mostrar el flujo de mensaje entre dos procesos participantes separados que los envían y reciben entre ellos.</p>	
	<p><i>Asociación:</i> Una asociación es representada por una línea de puntos con una saeta y es usada para asociar datos, textos, y otros Artifacts con objetos del flujo. Las asociaciones son usadas para mostrar las entradas y las salidas de las actividades.</p>	

Swimlanes: Mecanismo para organizar actividades	<i>Pool</i> : Representa un participante en el proceso. Que a su vez se emplea para particionar un conjunto de actividades.	
	<i>Calle o Lane</i> : Es una subpartición dentro de un pool. Es usada para organizar y categorizar actividades.	
Artefactos	<i>Datos Objetos</i> : Son un mecanismo para mostrar como los datos son requeridos o producidos por las actividades. Ellos son conectados a las actividades a través de las asociaciones.	
	<i>Grupo</i> : es representado por un rectángulo redondeado con líneas discontinuas. La agrupación puede ser usada para la documentación o el análisis propuesto, pero no afecta el flujo secuencial.	
	<i>Anotaciones</i> : son un mecanismo que provee una información textual adicional a la hora de modelar.	