

# **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO MEDIOAMBIENTAL EN UNA PLANTA EMPACADORA DE MANGO PARA EXPORTACIÓN**

Miguel Antonio Cabrera Macias<sup>1</sup>, Jorge Duque Rivera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ingeniero Mecánico, especializado en Energía y Medio Ambiente, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005, email:mcabrera@espol.edu.ec.*

<sup>2</sup>*Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1983, Masterado EE.UU., M.Sc. Mechanical Engineering, RPI-USA, 1985, Postgrado EE.UU., Interdisciplinary Doctoral Studies, Environmental Policy and Management, Worcester Polytechnic Institute, 1995-1996, Profesor de ESPOL desde 1986, email:jduque@espol.edu.ec.*

---

## **RESUMEN**

### Español

El siguiente trabajo de investigación se realizó con el fin de evaluar el desempeño medioambiental de una planta empacadora de mango para exportación, ya que no ha existido conciencia, en la industria alimenticia, del riesgo de impacto ambiental que existe en cada una de las etapas del mapa de proceso de un determinado producto, aliando dos conceptos que en nuestro país no han ido de la mano durante mucho tiempo: Inocuidad Alimenticia y Factores Medioambientales, para que así la fruta sea aceptada en mercados internacionales exigentes, tales como Estados Unidos y los países de la Unión Europea, en las mejores condiciones ambientales. Para tal propósito se desarrolló un modelo de calificación que evaluó el desempeño medioambiental de una planta empacadora en los actuales momentos a través de la aplicación de un índice de desempeño medioambiental (E.P.I.) para posteriormente implementarlo y dar las respectivas recomendaciones.

### Ingles

The following investigation work one carries out with the purpose of evaluating the environmental performance of a plant mango packer for export, since conscience has not existed, in the nutritious industry, of the risk of environmental impact that exists in each one of the stages of the map of process of a certain product, allying two concepts that have not gone of the hand during a lot of time in our country: Nutritious Inocuidad and Environmental Factors, so that the fruit is accepted this way in demanding international markets, such as United States and the countries of the European Union, under the best environmental conditions. For such a purpose you development a qualification model that evaluated the environmental performance of a plant packer in the current moments through the application of an environmental performance index (E.P.I.) and later to implement it and to give the respective recommendations.

## **INTRODUCCION**

El modelo de calificación desarrollado consistió en la identificación de los Puntos Críticos de Control involucrados en el manejo poscosecha del mango para exportación, posteriormente se realizara una evaluación medioambiental multicriterio de los Puntos Críticos de Control mediante un esquema de pesado para identificar él o los Puntos Críticos que producen mayor impacto ambiental (índice HACCP), después se realizara una nueva evaluación medioambiental multicriterio pero esta vez evaluaremos todo el mapa de proceso de la fruta, está vez para identificar la fase o etapa que producen mayor impacto ambiental (índice de fase critica) finalmente se realizara un sistema de calificación de riesgos de salud y seguridad del operador (HHS) a través del índice HHS.

Finalmente se calcula el índice de desempeño medioambiental (E.P.I.) sumando los tres incides antes definidos. Además con los resultados obtenidos se darán recomendaciones que conllevaran a la debida implementación en una planta empacadora. Se investigo todo lo concerniente a: la fruta y sus propiedades, labores en la planta empacadora, la serie ISO 14000, en lo que se refiere a las normas ISO 14001 y los Sistemas de Gestión Ambiental, análisis de riesgos e identificación de los Puntos Críticos de Control involucrados en el manejo poscosecha del mango para exportación, el Proceso Jerárquico Analítico (AHP) y los Sistemas de calificación de riesgos de salud y seguridad del operador (HHS).

## **CONTENIDO**

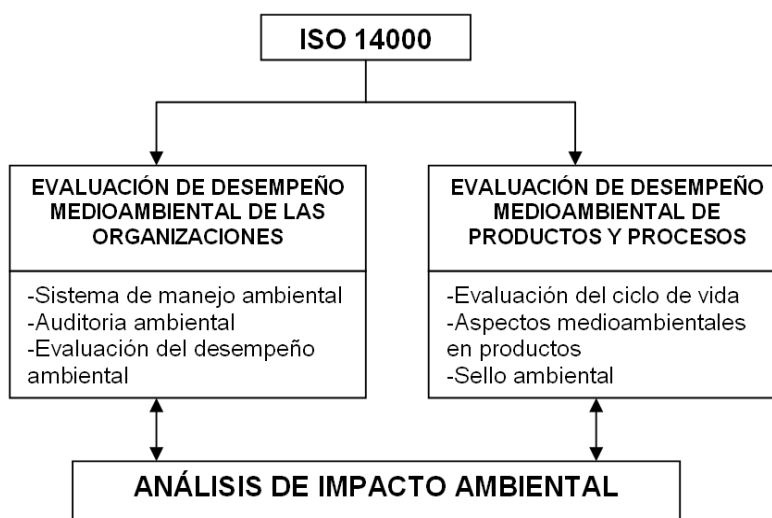
Los elementos de una actividad que interactúan con el ambiente pueden denominarse aspectos ambientales. Cuando estos aspectos se tornan significativos para el hombre y su ambiente, adquieren connotación de impactos ambientales. El impacto ambiental se define como el cambio neto en la salud del hombre, en su bienestar o en su entorno, debido a la interacción de las actividades humanas con los ecosistemas. Es así como un impacto puede ser positivo o negativo y se considera significativo cuando supera los estándares de calidad ambiental, criterios técnicos, hipótesis científicas, comprobaciones empíricas, juicio personal, valoración económica o social, entre otros criterios. Por otro lado, la evaluación de impacto medioambiental (EIA) es un proceso empleado para identificar, predecir y contrarrestar los efectos biofísicos, sociales y otros. Los resultados de una EIA pueden ayudar a una determinada organización a diagnosticar la ocurrencia y gravedad de varios impactos medioambientales, que pueden determinar su desempeño.

Dentro de las normas ISO 14000 cabe destacar la relevancia que ha tenido la norma ISO 14001, referente a los sistemas de manejo ambiental (EMS), al ser esta la única norma ISO 14000 que es sujeta a procesos de certificación internacional, la cual es necesaria para que la planta empacadora siga operando y para que adquiriera una ventaja competitiva en el mercado, siendo este uno de los objetivos de la tesis de grado que desarrolle. Sin embargo, la implementación de dicho sistema requiere un compromiso profundo por parte de la gerencia de la planta empacadora.

La serie ISO 14000 abarca normas en las siguientes siete áreas generales:

- Sistemas de manejo medioambientales
- Auditorías medioambiental
- Evaluación del desempeño medioambiental
- Sello medioambiental
- Evaluación del ciclo de vida
- Aspectos medioambientales en productos
- Términos y Definiciones

La figura 1 ilustra cómo estas normas actúan recíprocamente entre sí y están incorporadas a la práctica de EIA.



**FIGURA 1: PRINCIPALES COMPONENTES DE LA SERIE ISO 14000**

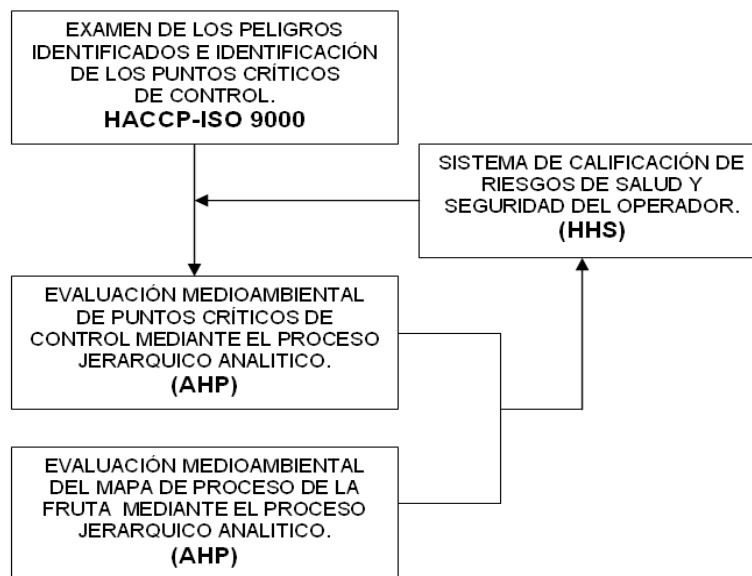
### **DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA EL MODELO DE CALIFICACIÓN A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA EMPACADORA.**

El siguiente trabajo describió los vínculos existentes entre los sistemas de manejo ambiental (EMS) y la evaluación de impacto medioambiental (EIA), además desarrollo un modelo de calificación que será implementado, y propondrá una metodología múlticriterio para evaluar los impactos medioambientales del manejo poscosecha del mango para exportación a través de la evaluación de desempeño ambiental y la aplicación de un E.P.I. que consistirá en la obtención de 3 índices.

Dicho modelo evaluará el desempeño medioambiental de DUREXPORTA, (propiedad del Grupo Orrantia), adaptando las condiciones de interacción entre las actividades de los procesos industriales involucrados en la planta empacadora y los factores medioambientales, permitiendo identificar y ponderar los impactos de la actividad generados por el proceso sobre su entorno.

El modelo de calificación se basa en la aplicación de tres principios:

- El HACCP que incluirá un Examen de los peligros identificados y la identificación de los puntos críticos de control involucrados en el manejo poscosecha del mango para exportación (ISO 9000).
- Una evaluación medioambiental de los puntos críticos de control, previamente identificados, utilizando para tal efecto un esquema de pesado mediante el Proceso Jerárquico Analítico (AHP), después se realizara una nueva evaluación medioambiental multicriterio pero esta vez evaluaremos todo el mapa de proceso de la fruta.
- Un sistema de calificación de riesgos de salud y seguridad del operador (HHS), para esto también usaremos el Proceso Jerárquico Analítico (AHP), para luego realizar una comparación de resultados.



**FIGURA 2: ESQUEMA DEL MODELO DE CALIFICACIÓN**

### - Generalidades del HACCP

Desde hace ya varios años la industria de alimentos ha reconocido el Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos, mejor conocido por su sigla en Inglés: HACCP, como un medio efectivo y racional de asegurar la inocuidad alimenticia desde la cosecha hasta el consumo; abordando los peligros biológicos, químicos y físicos mediante la previsión y la prevención, en vez de mediante la inspección y comprobación de los productos finales.

La Inocuidad Alimenticia es la garantía que tiene el producto de no causar daño al consumidor cuando se lo prepara o ingiere, de acuerdo con el uso previsto, es una herramienta indispensable para la calidad en los alimentos y para la competitividad.

El HACCP se apoya en siete principios que incluyen: el análisis de los riesgos, la identificación de los puntos críticos, establecimiento de límites críticos, el establecimiento de procedimientos de monitoreo, de medidas correctivas en caso de desviación, y de formas de documentar y de verificar todas estas acciones; pudiéndose aplicar en toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor.

La utilización de este sistema es compatible con la aplicación de los sistemas de gestión de la calidad total (GCT), como los de la serie ISO 9000. Sin embargo, el HACCP es el sistema preferido en estos sistemas para la gestión de la inocuidad de los alimentos.

#### **- Examen de los peligros identificados e identificación de los puntos críticos de control**

Un examen de peligros identificados no es otra cosa que un proceso de recopilación y evaluación de información sobre los peligros y las condiciones que los originan para decidir cuáles son importantes con la inocuidad de los alimentos y, por tanto, planteados en el plan del sistema HACCP. En otras palabras consiste en identificar los peligros potenciales asociados a la producción de alimentos en todas las fases, desde la producción primaria, la elaboración, fabricación y distribución hasta el lugar de consumo. Evaluar la posibilidad de que surjan uno o más peligros e identificar las medidas para controlarlos. Determinar los puntos, procedimientos o fases del proceso que pueden controlarse con el fin de eliminar el o los peligros o, en su defecto, reducir al mínimo la posibilidad de que ocurra (n). El término "fase" se emplea aquí con el significado de cualquier etapa en el proceso de producción o fabricación de alimentos, incluidos la recepción y/o producción de materias primas, recolección, transporte, preparación de fórmulas, elaboración, almacenamiento, etc.

#### **- Evaluación medioambiental multicriterio de puntos críticos de control**

Una evaluación medioambiental multicriterio no es otra cosa que la aplicación de un proceso de evaluación de impactos ambientales, en este caso el análisis matricial, y el AHP para pesar y jerarquizar alternativas. Como se definió anteriormente, una vez identificados los puntos críticos de control involucrados en el manejo poscosecha del mango se procederá a aplicar la evaluación medioambiental multicriterio con el fin de realizar un esquema de pesado que identificara el punto crítico de control que produce mayor impacto ambiental (Índice HACCP).

Pero seguramente esta primera evaluación medioambiental multicriterio resultara incompleta e inconsistente para el cumplimiento de nuestro objetivo principal, por esta razón se efectuara un nuevo esquema de pesado que incluirá todo el mapa de proceso (13 etapas o fases) dividido en cuatro grupos, para obtener de cada grupo la fase mas ranqueada, de las cuatro fases identificadas se efectuara una tercera y ultima evaluación medioambiental multicriterio para así identificar la fase que produce mayor impacto ambiental (Índice de fase critica).

#### **- Sistema de calificación de riesgos de salud y seguridad del operador**

El sistema de calificación de riesgos de salud (HHS), por sus siglas en ingles, es un método de análisis de impactos cuya meta es reducir los riesgos de trabajo enfocándose en la salud profesional y riesgos de accidentes por parte de los operadores de la planta empacadora. Para esto se efectuara el cálculo del índice HHS que nos ayudara a identificar la emisión mas critica, en lo que se refiere a riesgos de salud para el operador, para así tratar de controlarla.

### Calculo del Índice HACCP y el Índice de Fase Crítica

Una vez realizadas las dos evaluaciones medioambientales multicriterio para identificar el punto crítico de control que produce mayor impacto ambiental (Índice HACCP) y la fase que produce mayor impacto ambiental (Índice de fase crítica), se obtuvieron los siguientes vectores de prioridad global (VPG) :

PCC > I.A.	V.P.G.
PCC-01	0.1955
PCC-02	0.2004
PCC-03	<b>0.4432</b>
PCC-04	0.3610

FASES MAS RANQUEADA > I.A.	V.P.G.
RECEPCIÓN	0,1846
LAVADO Y DESINFECCIÓN	0,2156
TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO	<b>0,4740</b>
REPOSO	0,1258

El valor correspondiente al PCC-03 (Tratamiento Hidrotérmico) de **0.4432** es el máximo valor del vector de prioridades global que corresponde al PCC con mayor impacto ambiental que identificamos en la evaluación medioambiental multicriterio de los 4 PCC (Índice HACCP). El valor correspondiente al Tratamiento Hidrotérmico de **0.4740** es el máximo valor del vector de prioridades global que corresponde a la fase del mapa de proceso que produce mayor impacto ambiental (Índice de Fase Crítica).

### Calculo del índice HHS

El índice de riesgo de salud HHS es el producto punto (escalar) de dos vectores, el vector de riesgo de salud (HP) y el vector de sitio específico (F). Cada vector consiste de siete elementos que evalúan los diferentes desechos de emisión que se generan para sus potenciales riesgos basados en siete efectos. Los elementos de HP pueden ir en magnitud de 0 a 9.

$$HHS = \overline{HP} \cdot \overline{F}$$

El índice HHS que obtendremos será el resultado de un promedio de índices HHS correspondientes a cada una de las emisiones.

$$HHS_{\text{Total}} = \frac{\sum_{i=\text{emisiones}}^4 HHS_i}{4}$$

A cada sustancia se asigna un número (subpuntaje) para cada efecto de interés, estos son toxicidad oral (O), toxicidad de inhalación (I), irritación de la piel (D), irritación de los ojos (E), carcinogenicidad (C), inflamabilidad (F) y reactividad química (R). Los subpuntajes de los múltiples componentes de los desechos de emisión son pesados por fracción de masa. Para los efectos toxicológicos (O, I, D, E), el subpuntaje es el producto de una dosis y un ranking de efecto, con un puntaje global de 0 a 9. El ranking de efecto varía de 0 (cuando no hay efecto) hasta 3 (efecto letal o máximo), y el ranking de dosis varía de 1 (dosis grande) hasta 3 (dosis pequeña).

Así una sustancia que tiene un efecto máximo (efecto con ranking 3) con una dosis pequeña (dosis con ranking 3) nos da como resultado una toxicidad con subpuntaje 9: sólo una cantidad pequeña se requiere para el peor efecto.

Después calculamos los índices HHS correspondiente a cada una de las emisiones, de acuerdo a las tablas de subpuntajes de efectos y dosis. Un índice HHS más alto nos demuestra una sustancia más peligrosa. Reuniendo los índices calculados tenemos.

**Tabla 1**  
**Índices HHS calculados para cada emisión**

<b>EMISIONES</b>	<b>Índice HHS</b>
AL AIRE	2.0466
LIQUIDAS	3.6125
SÓLIDAS	0.85
SONORAS	2.5525

$$HHS_{Total} = \frac{2.0466 + 3.6125 + 0.85 + 2.5525}{4}$$

$$HHS_{Total} = 2.27$$

### **Aplicación de un Índice de Desempeño Medioambiental**

Teniendo en consideración los problemas de recursos y tiempo, la gerencia de la planta empacadora se debe enfocar objetivamente en la selección y uso de indicadores de desempeño medioambientales (E.P.I.'s) para evaluar los impactos medioambientales producto de las actividades en DUREXPORTA y de los procesos industriales, esta metodología de identificación de impactos deberá ser modificada y adaptada a las condiciones de interacción entre las actividades de los procesos en la planta y los factores ambientales, permitiendo identificar y ponderar los impactos de la actividad generados por el proyecto sobre su entorno.

El índice de desempeño medioambiental (E.P.I.) que usaremos para evaluar los impactos ambientales de los procesos industriales involucrados DUREXPORTA, será el correspondiente a la suma de los tres índices que calculamos (el Índice HACCP, el Índice de Fase Crítica (FC) y el Índice HHS, recientemente calculado).

**Tabla 2**  
**Índices parciales para el cálculo del E.P.I. DUREXPORTA**

<b>Índice HACCP (I<sub>1</sub>)</b>	0.4432
<b>Índice de Fase Crítica (I<sub>2</sub>)</b>	0.4740
<b>Índice HHS (I<sub>3</sub>)</b>	2.27

$$E.P.I._{Durexporta} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$E.P.I._{Durexporta} = 3.1872$$

El valor de 3,1872 representa el E.P.I de DUREXPORTA en los actuales momentos, pero este índice tendrá que ser medido o estimado después de un determinado lapso de tiempo, lo recomendado es en un periodo de seis meses, para verificar si ha aumentado o disminuido.

## CONCLUSIONES

- En el contexto del manejo poscosecha del mango para exportación, este trabajo definió el desarrollo de una metodología de evaluación multicriterio para evaluar el desempeño medioambiental de DUREXPORTA, fortaleciendo sus capacidades estratégicas, logrando metas de mejora continuas y virtualmente eliminando polución y pérdidas.
- La implementación efectiva de un Sistema de Gestión Ambiental (ISO 14001) busca otorgarle a la planta empacadora numerosos beneficios, siendo el más importante la protección del medio ambiente, con la reducción de los residuos de emisión ocasionados por cada una de las fases del mapa de proceso, lo cual se refleja en una disminución de la contaminación.
- La combinación de los métodos AHP y HHS permitieron realizar no solo un pesaje de alternativas principales particulares sino que también permitió la generalización de dichas alternativas ampliando su campo de acción.
- Las buenas prácticas de manufactura (BPM) y los procedimientos de saneamiento e higiene de planta (SSOP) son los "prerrequisitos" para la implementación de un plan HACCP en la planta empacadora, además de ser exigidos para la importación de mango hacia los Estados Unidos y los países de la Unión Europea.
- El punto crítico de control (PCC) que produce mayor impacto ambiental es el PCC 03, que corresponde a la fase 4: Tratamiento Hidrotérmico. La fase del mapa de proceso que produce mayor impacto ambiental es la fase 4: Tratamiento Hidrotérmico.
- Para el cálculo del índice HHS solo se consideraron los efectos toxicológicos (toxicidad oral, de inhalación, irritación de la piel y ojos) por considerarlos más críticos, ya que son los únicos riesgos de salud a los que está expuesto el trabajador o operador en la planta empacadora de mango. El índice HHS calculado es de 2.27, pero debido a que este índice es un promedio del aporte de las cuatro emisiones, la emisión agua-suelo es la que tiene el índice HHS mayor: 3.6125.



- La emisión agua-suelo es la más crítica de todas, debido a que la fase “Lavado y Desinfección” posee elementos tales como cloro, que puede causar irritación en la piel y ojos si el operador llegase a tener contacto con este tipo de emisión, lo que implica un riesgo crítico de salud para el operador, también la fase “Tratamiento Hidrotermico” es crítica en cuanto a riesgos de salud, ya que si el operador tiene un contacto accidental con el agua a altas temperaturas en el tanque hidrotérmico, puede causarle irritación en la piel y quemaduras de tercer grado, esto es debido a los vapores que se generan en esta fase, también resulta ser el punto crítico de control y la fase del mapa de proceso que produce mayor impacto ambiental.
- Debido a que el Índice HHS (I<sub>3</sub>) es el más alto de los 3, una de las principales metas de DUREXPORTA será tratar de reducirlo, tomando las debidas precauciones en la seguridad de sus trabajadores.

### **Recomendaciones**

- El riesgo de salud más crítico es la irritación de los ojos por lo que se recomienda dotar al operador de gafas de seguridad.
- La planta empacadora debe proporcionar al personal la vestimenta adecuada (equipos blancos, botas, delantales, redes para cabello, gorros, tapabocas, guantes, etc.).
- Las operaciones de limpieza y desinfección deben estar documentadas, especificando tanto los procedimientos a seguir como los controles seguidos.
- La administración de la planta es la responsable en controlar el estado sanitario de su personal (control de enfermedades transmisibles, de heridas abiertas, infectadas o cualquier otra lesión que pueda ser causa de contaminación microbológica) y de la educación y entrenamiento del mismo, tanto para ser capaces de reportar enfermedades así como el de saber mantener una higiene personal adecuada (lavado completo de manos y desinfección antes de comenzar cualquier trabajo en el cual se manipule el alimento, superficies en contacto con él, ingredientes; después de cada ausencia del sitio de trabajo y en cualquier otra ocasión en la que se contaminen las manos). Los datos de evaluación de impacto medioambiental (EIA) necesitan ser guardados y manejados en una manera organizada.
- Es conveniente disponer de espacio libre para futuras ampliaciones y para la separación de procesos en los que haya una posibilidad de contaminación potencial del alimento.
- Aunque parezca obvio, la estructura del edificio debe ser lo suficientemente grande, amplia, para acomodar las líneas de proceso holgadamente, sin entorpecer las operaciones de aseo y sanitización (desinfección). Las lámparas o tubos fluorescentes u otros dispositivos de luz o cualquier vidrio suspendido encima de donde estén los alimentos, en cualquier etapa de la elaboración, se deben proteger para evitar la contaminación física por rotura del vidrio.

- La ventilación debe ser suficiente como para evitar la fatiga de los operarios (exceso de vapor, calor) así como evitar la contaminación del mango. Se deben colocar equipos de extracción de aire para minimizar los olores y vapores.
- Todos los utensilios, equipos y artefactos de almacenamiento o transporte que se emplean durante el proceso de empaque deben ser limpiados y desinfectados después del uso. Se debe lavar profundamente después de que la producción del día ha terminado y estar desinfectados los equipos, las superficies de contacto con el mango antes de comenzar a procesar nuevamente.

## REFERENCIAS

1. MIGUEL ANTONIO CABRERA MACIAS, "Desarrollo e implementación de un modelo para la evaluación de Desempeño Medioambiental de una planta empacadora de mango para exportación" (Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005).
2. SAATY, THOMAS L., Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for decisions in a complex world (3ra. Edición, Pittsburgh, RWS Publications, 2001), pp. 3-118.
3. M. SRINIVASAN<sup>a</sup>, P. SHENG<sup>b</sup>, T. WU<sup>c</sup>, Development of a Scoring Index for the Evaluation of Environmental Factor in Machining Process: Health Hazard Score Formulation (<sup>a</sup> <sup>b</sup> Berkeley, Dept. of Mechanical Engineering, University of California, <sup>c</sup> Pittsburgh, Dept. of Engineering, Carnegie Melon University, febrero 1995).
4. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), Sistemas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos-Manual de Capacitación HACCP (1ra. Edición, New York, FAO Publications, 2002), pp. 50-204

**Elaborado por:**

**Aprobado por:**

.....  
*Ing. Miguel Cabrera M.*

.....  
*Ing. Jorge Duque Rivera*  
**Director de Tesis**