

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y  
Ciencias de la Producción**

“Desarrollo de una alternativa para la elaboración de yuca (Manihot  
esculenta Crantz) frita libre de grasa adicionada”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ALIMENTOS**

Presentado por:

Bolívar Ricardo Albán Robalino

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2017

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre, Lic. Abril Robalino por su sabiduría, paciencia y apoyo incondicional en todo momento.

A la M.Sc. Haydeé Torres C. y Ph D. Sandra Acosta por sus enseñanzas y ánimo brindado en momento del proyecto.

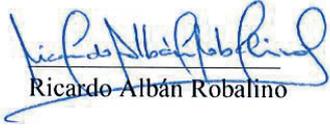
## DEDICATORIA

A mi mamá, por haberme formado como un hombre de bien y ser ejemplo de fortaleza y vida. No me alcanzan las palabras para agradecerte.

Tu hijo que te amará por siempre.  
Ricardo.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



Ricardo Albán Robalino



PROFESOR TUTOR  
PROYECTO INTEGRADOR  
M.Sc.. Haydeé Torres Camba

## RESUMEN

Alrededor del mundo el consumo de frituras cada vez es más frecuente, lo que se convierte en una situación alarmante ya que son promotoras de enfermedades cardiovasculares, infartos, entre otras. Considerando que la cultura de la población mundial apunta al consumo de productos fritos, se desea elaborar un proceso alternativo a la fritura de yucas el cual conserve las características sensoriales de ésta ya que al ser un alimento altamente consumido en Ecuador (21 Kg/persona\*año) es objeto de una gran variedad de preparaciones, entre ellas la fritura.

El tratamiento propuesto les confiere a los bastones de yuca una textura crocante en el exterior, pero suave en el interior. Esto se logra a través de la activación de una enzima propia del vegetal, la pectinmetilesterasa. Los ácidos pectínicos procedentes de la acción enzimática en conjunto con las sales de calcio añadidas, serán los encargados de otorgarle una textura rígida a la superficie del producto que al ser sometido a calor seco alcanza un perfil de textura similar al de bastones de yuca frita.

Bajo la premisa anterior se diseñó un experimento estadístico el cual permitió determinar las principales variables que influyen sobre la textura de la yuca. El tiempo de escaldado, tiempo de horneado y concentración de cloruro de calcio fueron escogidas como variables de estudio ya que su efecto sobre la textura ha sido probado en estudios preliminares. La textura del producto fue escogida como variable de respuesta al estar relacionada con la crocancia del producto. El modelo a utilizar fue el de Plaket Burman con 2 niveles y 3 factores.

Para determinar un tratamiento que le otorgue al producto características similares a la yuca frita, se realizó un segundo experimento para encontrar la combinación efectiva de factores, obteniéndose que los óptimos para alcanzar la textura deseada son 50 minutos para el tiempo de escaldado, 20 minutos para el tiempo de horneado y %0,05 en la concentración del cloruro de calcio.

Para comprobar las diferencias del tratamiento escogido se realizó un panel sensorial. Mediante una prueba de diferencias se determinó que existen diferencias significativas entre ambas muestras, ya que se obtuvo un valor p de 0,003 el cual es menor al nivel de significancia 0,05.

Finalmente se realizó un estudio técnico y financiero para determinar la viabilidad de producir este alimento a gran escala, el cual resulto favorable al obtener costos de producción sostenibles que permiten generar utilidad.

## ABSTRACT

Around the world the consumption of fried foods is becoming more frequent which becomes an alarming situation since they are promoters of cardiovascular diseases, infarcts, among others. Considering that the culture of the world population points to the consumption of fried products, it is desired to elaborate an alternative process to the cassava frying which preserves the sensorial characteristics of this one since being a food highly consumed in Ecuador (21 kg / person \* Year) is the object of a great variety of preparations, among them frying.

The proposed treatment gives the cassava sticks a crunchy texture on the outside, but soft on the inside. This is achieved through the activation of a plant-specific enzyme, pectinmethylesterase. The pectinic acids from the enzymatic action together with the added calcium salts will be responsible for providing a rigid texture to the surface of the product which upon being subjected to dry heat reaches a texture profile similar to that of fried cassava sticks.

Under the previous premise a statistical experiment was designed which allowed the determine of the main variables that influence the texture of cassava. Scalding time, baking time and calcium chloride concentration were chosen as study variables due to their effect on texture has been tested in preliminary studies. The texture of the product was chosen as a response variable as it was related to the product's yield. The model to be used was Plaket Burman with 2 levels and 3 factors.

To determine a treatment that gives the product characteristics similar to the fried cassava, a second experiment was carried out to find the effective combination of factors, obtaining that the optimum ones to reach the desired texture are 50 minutes for the scalding time, 20 minutes for the baking time and% 0.05 in the concentration of calcium chloride.

To verify the differences of the chosen treatment was realized a sensory panel. By means of a test of differences it was determined that there are significant differences between both samples, since a p-value of 0.003 was obtained, which is lower than the level of significance 0.05.

Finally, a technical and financial study was carried out to determine the feasibility of producing this food on a large scale, which was favorable to obtain sustainable production costs that generate utility.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	III
ÍNDICE GENERAL .....	V
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
CAPÍTULO 1.....	11
1. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1 Descripción del problema .....	12
1.2 Objetivos .....	13
1.2.1 Objetivo general.....	13
1.2.2 Objetivos específicos .....	13
1.3 Marco Teórico .....	14
1.3.1 Materia prima .....	14
1.3.2 Mercado.....	15
1.3.3 Proceso.....	18
1.3.4 Especificaciones de control para producto terminado.....	20
CAPITULO 2.....	22
2. METODOLOGÍA .....	22
2.1 Adecuación de la muestra .....	23
2.2 Determinación de factores significativos .....	23
2.3 Determinación del tratamiento ideal .....	25
2.4 Determinación del perfil de textura.....	26
2.5 Evaluación sensorial (prueba de diferencias).....	27
2.6 Materiales y Equipos .....	29
2.7 Diseño del Lay Out.....	29
CAPITULO 3.....	30
3. RESULTADOS.....	30
3.1 Resultado de la significancia de los factores de estudio .....	30
3.2 Resultado de la determinación del tratamiento ideal.....	32
3.3 Resultados de la evaluación sensorial (prueba de diferencias).....	34

3.4	Resultado del Lay out del proceso .....	35
3.5	Diseño de proceso y balance de materiales .....	36
3.6	Selección de equipos .....	37
3.7	Cálculos para determinar requerimientos operacionales.....	43
3.7.1	Calculo de consumo energético y costo operativo del horno mensual .....	43
3.7.2	Calculo de consumo energético y costo operativo de la marmita mensual	46
3.7.3	Calculo de consumo energético y costo operativo de otros equipos .....	47
3.8	Análisis de Costos .....	49
CAPITULO 4.....		53
4.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	53
4.1	Conclusiones.....	53
4.2	Recomendaciones.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....		55
APÉNDICES.....		59

## **ABREVIATURAS**

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias  
m.s.n.m: Metros sobre el nivel del mar

## SIMBOLOGÍA

$\alpha$ :	Nivel de significancia
$\lambda$ :	Calor latente de vaporización
%:	Porcentaje
°:	Grados
°C:	Grados Celsius
°F:	Grados Fahrenheit
Cl:	cloro
cp:	Calor específico
cm:	centímetros
g:	gramos
<i>h</i> :	hora
HP:	Caballos de fuerza
Kg:	Kilogramos
Kg/h:	Kilogramos sobre horas
<i>Kj</i> :	Kilojoules
<i>Kj/s</i> :	Kilojoules sobre segundos
<i>Kwh</i> :	Kilovatio hora
Kw:	Kilovatios
lbs:	Libras
min:	minutos
mm:	milímetros
mm/s:	milímetros sobre segundos
N:	Newtons
p:	Probabilidad
ppm:	partes por millón
<i>Q</i> :	Calor
rpm:	revoluciones por minuto
s:	Segundos
t:	tiempo
T:	temperatura
Vs:	Versus

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo de yuca frita.....	17
Tabla 2: Factores y Niveles aplicados en la determinación de factores significativos. ..	24
Tabla 3: Tratamientos aplicados para determinar la significancia de los factores .....	25
Tabla 4 Parámetros de Control.....	27
Tabla 5: Factores y niveles del diseño factorial general .....	32
Tabla 6: Tratamientos aplicados para optimizar los factores.....	33
Tabla 7 Resultados de la evaluación sensorial.....	35
Tabla 8: Resumen de requerimiento de materiales y capacidad de equipos por etapa	37
Tabla 9: Cálculos de calor y costos operativos.....	47
Tabla 10: Consumo energético de equipos y tiempos de operación .....	48
Tabla 11: Costo de materiales directos .....	49
Tabla 12: Costo de materiales directos por mes .....	50
Tabla 13: Mano de obra directa.....	50
Tabla 14: Costos indirectos de fabricación.....	51
Tabla 15: Costo total de producción .....	51
Tabla 16: Resumen del análisis de costos .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Producción de Yuca en toneladas métricas, Ecuador .....	15
Figura 1.2 Tendencia de crecimiento en las exportaciones de yuca en Ecuador .....	16
Figura 2.1: Proceso de obtención del sustituto de yuca frita .....	22
Figura 2.2: Texturometro Brookfield Engineering Modelo CT3.....	26
Figura 2.3: Evaluación de producto frito Vs producto hornada .....	28
Figura 3.1 Diagrama de paretto de los efectos significativos .....	31
Figura 3.2 Grafica Normal de efectos estandarizados.....	32
Figura 3.3 Análisis estadístico para optimización de la variable de respuesta .....	34
Figura 3.4: Layout de la planta procesadora de yuca .....	35
Figura 3.5: Diagrama de flujo para elaboración de sustituto de yuca frita .....	36
Figura 3.6 Lavadora de yuca .....	38
Figura 3.7 Peladora de yuca.....	39
Figura 3.8 Rebanadora de yuca .....	40
Figura 3.9 Marmita .....	41
Figura 3.10 Túnel de horneo .....	42
Figura 3.11 Dosificadora .....	42
Figura 3.12 Composición de la yuca .....	44

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud documenta un aumento constante y generalizado del peso de la población mundial a partir de la década de 1980. La causa de este fenómeno está definida como un desequilibrio energético entre calorías consumidas y gastadas (27).

Gran parte de la población incluye en su dieta ordinaria alimentos ricos en calorías proveniente de grasas como lo son los alimentos listos para el consumo, alimentos de preparación rápida y alimentos fritos. Esta situación se vuelve alarmante ya que el consumo regular de estos productos con alta concentración de energía (grasa y / o azúcar) ha sido considerado como un factor importante para el aumento de obesidad, así como la prevalencia de varias enfermedades crónicas no transmisibles (9).

Aunque en Ecuador no existen porcentajes sobre el consumo de frituras y su incidencia en la presencia de ataques cardíacos, en Latinoamérica el primer factor de riesgo de infarto es el colesterol alto (10).

La yuca al ser un alimento abundante y altamente consumido en el país, es objeto de múltiples preparaciones entre ellas la fritura. Se calcula que anualmente se producen 172000 toneladas métricas de yuca de las cuales alrededor del 10% son exportadas y el remanente se usa para el consumo local (25).

Por los motivos presentados anteriormente se busca definir un proceso alternativo a la fritura de yuca, el cual suprima la adición de aceites en el proceso, pero prevalezca las propiedades sensoriales de la misma, la aceptabilidad del producto en el mercado y la factibilidad de producir a gran escala.

## 1.1 Descripción del problema

Aunque los aceites vegetales son fuente importante de energía, vehículo de vitaminas liposolubles, proveedores de ac. linoleico y linolenico, entre otras. Estos pierden estas cualidades al ser sometidos al proceso de freído. Durante esta etapa se deshidrata el alimento y la hidrólisis de triglicéridos se ve favorecida, la inserción de oxígeno contribuye a la formación de hidroperóxidos muy reactivos que da lugar a aldehídos, cetonas, ácidos, etc. Por otro lado, los pigmentos y vitaminas liposolubles son extraídos del alimento y degradados por el calor del medio circundante (3).

En el freído se forman radicales libres por la oxidación de los ácidos grasos libres productos de la lipólisis de los triglicéridos. Estos radicales al ser altamente inestables pueden reaccionar con el oxígeno formando cetonas, aldehídos, etc, o reaccionar entre ellos y formar dímeros y polímeros. De los compuestos antes citados se conoce que el benzopireno es un precursor de cáncer que se forma por la ciclación del colesterol frente a las temperaturas de freído (4). Por otro lado, el consumo de ácidos grasos saturados de cadena larga se lo asocia a enfermedades cardiovasculares, siendo la ingesta diaria recomendada menor al 10% de las calorías diarias consumidas. Además, los expertos recomiendan que la ingesta de grasa no supere el 30% del total de calorías consumidas en un día, porcentaje que puede ser fácilmente superado si el consumo de frituras forma parte de la dieta del individuo (15).

Estudios previos han identificado la existencia de una enzima en los tejidos vegetales que bajo condiciones específicas puede proporcionarles a las superficies la rigidez necesaria para simular las características de un producto frito. Se puede activar la enzima pectinmetilesterasa durante blanqueo normal (88 -100 C durante 3 min) sin embargo estos parámetros son de referencia y se debe realizar un estudio de penetración de calor que valide dichos tiempos y temperaturas ya que no todos los productos poseen las mismas propiedades térmicas y por lo tanto los valores son variables de producto en producto.

Tomando en cuenta la problemática que suponen las frituras, realizar un proceso alterno libre de grasas adicionadas supone una solución desde el punto de vista nutricional. Dicho proceso consiste en un tratamiento térmico y enzimático en donde diversas variables influyen sobre el perfil de textura del producto final. El efecto del tiempo de escaldado, el tiempo de horneado y la concentración de cloruro de calcio sobre la textura de los bastones de yuca fue evaluado para determinar la significancia de los mismos, para posteriormente optimizarlos y realizar el estudio de factibilidad para verificar la viabilidad de implementar el proceso a un nivel industrial.

Un producto libre de grasa añadida que sea un excelente aporte nutricional a su alimentación diaria y de fácil acceso, es lo que brindará a los consumidores de la yuca frita sin grasa adicionada la visión necesaria de tener un alimento adecuado en momentos de innovación.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Elaborar un proceso sustituto a la fritura de yuca libre de grasa adicionada mediante la aplicación de una fuente de calcio con tratamiento térmico para la activación de la enzima pectinmetilesterasa para promover una alimentación más sana y sostenible del producto.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la aplicación de tratamientos térmicos para la activación de la enzima en combinación con fuente de Calcio.
- Definir las variables del proceso de elaboración de la yuca frita libre de grasa, para realizar el proceso de elaboración.

- Determinar la textura del producto obtenido por acción enzimática, utilizando el texturómetro BROOKFIELD, para conjugarlo con la textura de la yuca frita convencional.
- Establecer los costos de producción acorde al mercado, el impacto ambiental, y la normativa base.

### **1.3 Marco Teórico**

#### **1.3.1 Materia prima**

La yuca, se extrae de la planta del reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Malpighiales, familia Euphorbiaceae, subfamilia Crotonoideae, tribu Manihoteae, Género Manihot Crantz, teniendo en consideración que la comestible, su raíz, se llama Manihot esculenta.

La yuca es un cultivo muy importante en regiones tropicales del mundo (latitudes menores a los 30°), que van desde el nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m. Es el cuarto producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz, y es un componente básico en la dieta de más de 1000 millones de personas.

La provincia de Manabí, ubicada en la región costa del Ecuador, es la que se lleva el primer lugar en producción de este tubérculo, con una variada gama de derivados de la yuca, entre los que podemos citar harinas, afrechos, almidones entre otros.

La yuca también se consume frita. En años recientes se ha venido desarrollando una interesante industria de croquetas pre cocidas y congeladas, esta alternativa soluciona, por un lado, la rápida perecibilidad de las raíces y permite agregarle valor mediante el procesamiento, además esta opción se vuelve muy apetecible por su característica crocancia exterior y su estructura densa interior (30).

Este tubérculo aporta con grasa 0,2 g, carbohidratos 39,3 g, fibra 1,1g, proteína 0,8 g basados en 100 g de muestra (8).

### 1.3.2 Mercado

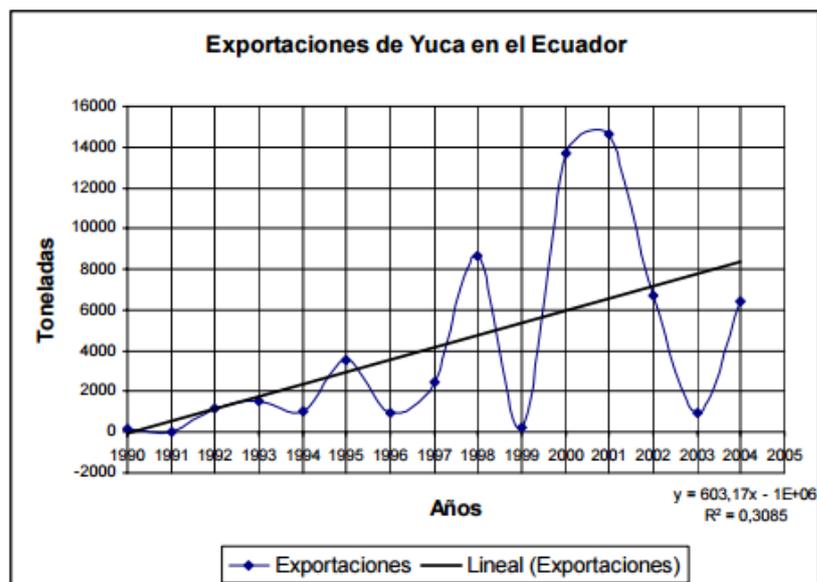
El mayor porcentaje del cultivo de este tubérculo está conformado por pequeños agricultores con parcelas que van desde las 0,25 a 0,5 hectáreas, en la figura 1.1 se puede observar cómo se encuentran distribuidos los cultivos en las distintas provincias a lo largo del litoral. Los cultivos se realizan de manera intensiva variedades desarrolladas o recomendadas por el INIAP dado que tienen un mayor valor comercial y rendimiento.

PROVINCIA/ AÑOS	2003	2004	2005	2006	2007
AZUAY	960	870	845	860	860
BOLIVAR	4.443	4.682	4.729	4.729	4.736
CAÑAR	49	230	360	374	366
COTOPAXI	18.200	14.100	18.460	24.460	32.568
CHIMBORAZO	185	210	336	521	525
EL ORO	468	1.500	1.650	2.235	2.201
ESMERALDAS	3.240	3.970	1.800	11.425	11.900
GUAYAS	1.880	2.240	3.898	5.616	5.814
IMBABURA	145	417	844	866	732
LOJA	5.715	6.608	7.153	6.956	6.812
LOS RIOS	2.240	6.700	6.658	14.380	18.267
MANABI	22.400	20.640	25.730	27.691	29.172
MORONA SANTIAGO	8.472	8.100	8.666	9.870	10.125
NAPO	4.250	4.500	5.250	5.340	5.540
PASTAZA	310	375	350	410	405
PICHINCHA	12.059	14.100	15.600	22.920	24.698
ZAMORA CHINCHIPE	3.200	4.200	3.980	3.845	3.989
SUCUMBIOS	12.424	12.500	10.300	9.360	4.163
ORELLANA	2.750	3.900	9.600	9.200	9.100
GALAPAGOS		50	40	54	54
<b>TOTAL</b>	<b>103.390</b>	<b>110.392</b>	<b>126.249</b>	<b>161.112</b>	<b>172.027</b>

**Figura 1.1 Producción de Yuca en toneladas métricas, Ecuador**

Fuente: (Salguiero, 2009)

Este producto tiene un gran valor comercial en el mercado internacional, hecho que se ve revelado por las cifras que proporciona el banco central del Ecuador.



**Figura 1.2 Tendencia de crecimiento en las exportaciones de yuca en Ecuador**

Fuente: Banco Central del Ecuador (2004)

En apogeo de la yuca en el mercado nacional también es de gran importancia ya que forma parte de la cultura culinaria del ecuatoriano.

Datos revelados por IDE Business School, revelan que el 21% de los hogares prefieren la comida rápida en comparación a la hecha en casa y que destina al menos el 5% de su presupuesto mensual en la compra o adquisición de esta.

Además la firma de Ingenieros Consultores Asociados en el informe Pulso Ecuador dio a conocer que mensualmente los ecuatorianos gastan 48,27 millones de dólares en el consumo de estos productos (11).

Dicho lo anterior se puede estimar el consumo promedio de yuca frita mensualmente en el país al tomar la producción presentada en la figura 1.1, la población en el litoral y tendencia de consumo de productos fritos. Esta cifra asciende a 155000 Toneladas con un consumo promedio de 20 Kilogramos de yuca por persona al mes.

Dado que el mercado objetivo es tan extenso se decidió satisfacer una porción del mismo. El mercado seleccionado fue el 10% de la población de

la zona urbana de la provincia del Guayas el cual corresponde a la cifra de 3 millones de personas aproximadamente (Apéndice A).

Por lo tanto se estableció una producción mensual promedio de 520 toneladas de yuca frita basado en los cálculos presentados en la tabla 1.

**Tabla 1: Consumo de yuca frita**

<b>Grupos de edad</b>	mercado nacional	Guayas
De 5 a 9 años	899684	362896
De 10 a 14 años	915364	373511
De 15 a 19 años	876214	338370
De 20 a 24 años	838504	321308
De 25 a 29 años	795121	307034
De 30 a 34 años	711157	289594
De 35 a 39 años	618623	249779
De 40 a 44 años	544692	220145
De 45 a 49 años	501895	204345
De 50 a 54 años	404511	166684
De 55 a 59 años	332385	138010
<b>Total</b>	<b>7438150</b>	<b>2971676</b>

Producción nacional	172027000
Exportación	16000000
Producto de consumo local	156027000

Consumidores de yuca frita	624051,96
Kilogramos consumidos por persona (anual)	20,9765869
Kilogramos consumidos por persona (mensual)	1,74804891
Kilogramos consumidos en un mes (Guayas)	1090873,35
Toneladas a producir en un mes	109,087335

Elaborado por: Ricardo Albán R.

### **1.3.3 Proceso**

#### **1.3.3.1 Escaldado**

Se entiende por escaldado a un tratamiento térmico de corta duración y temperatura moderada. Generalmente consiste en mantener el producto algunos minutos a una temperatura próxima a 95-100 C. El escaldado no es un sistema de conservación en si mismo, es una operación previa de suma importancia en los procesos de conservación por calor, de productos envasados, congelación y deshidratación. Sus objetivos dependerán del proceso global en el cual son incluidos (7).

Este tratamiento estimula la activación o inactivación de enzimas presentes en el tejido de las plantas. La actividad enzimática aparente se incrementa cuando aumenta la temperatura hasta alrededor de 50°C, donde alcanza un nivel máximo conocido como la temperatura óptima para la acción enzimática. A temperaturas más altas se observa una considerable disminución en la actividad debido a la desnaturalización de su estructura proteínica.

Aunque el escaldado generalmente se hace a temperaturas que oscilan entre 80°C y 100°C y tiempos entre 20 s y 15 min, se han reportado tratamientos entre 55°C y 75°C en los que se obtienen productos con alta firmeza debido a la menor separación celular que se genera; adicionalmente, se ha propuesto que la enzima pectinmetilesterasa juega un rol importante en este fenómeno debido a que posibilita la formación de redes con iones calcio y magnesio (18).

#### **1.3.3.2 Horneado**

Es un tratamiento térmico cuyo objetivo es producir una serie de cambios en la textura, color y composición de un alimento. Esta operación además reduce la carga microbiana y modifica la actividad

enzimática del producto lo que llevara al incremento de la vida útil del alimento, aunque este no sea su principal objetivo.

El color y el flavor son atributos cuya dependencia a la temperatura es similar al de las vitaminas ya que los mecanismos químicos puestos en juego en su degradación son similares, por lo que los tratamientos que preserven aquellos serán respetuosos con estas (7).

Los cambios que se producen en la textura dependen de la naturaleza en el alimento, la temperatura y tiempo de cocción. Una característica común de muchos productos horneados es la presencia de una corteza que retiene humedad interna del alimento como carnes, pan, patatas, entre otras. A medida que aumenta la temperatura de horneado se promueve la formación de esta corteza, la cual retiene humedad, grasa y evita la degradación de diversos nutrientes (12).

### **1.3.3.3 Cloruro de calcio en el desarrollo de textura**

La aplicación de calcio juega un papel importante en la conformación de las membranas de la pared celular, fortaleciendo su integridad y por ende la textura durante el tiempo de conservación de vegetales.

Esto se debe a que el calcio influye en la permeabilidad de la membrana, activación de enzimas específicas y en la evolución de la senescencia de los frutos, considerando que un aumento de su concentración en el tejido, altera los procesos de la respiración. El calcio después de acumularse entre la pared celular y la lámina media, interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, reestructurando la integridad de ambos compuestos. En general a medida que aumentan las concentraciones de este ion tiende a existir un incremento de la firmeza, disminución de la intensidad respiratoria y una menor sensibilidad del fruto a diversos desórdenes fisiológicos (13).

#### **1.3.3.4 Pectinmetilesterasa en el desarrollo de textura**

Los componentes principales que le confieren rigidez a los frutos están ubicados en la pared celular y son principalmente celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina. Las pectinas corresponden al éster metílico del ácido ( $\alpha$ -1,4) poligalacturónico con diversos grados de esterificación (6).

La pectinmetilesterasa hidroliza el metanol esterificado de los grupos carboxilo de la pectina y origina ácidos péptico y pectínico. Esta pectina carece de un número importante de grupos carboxilo libre, lo cual hace que sea soluble en agua y le permite emigrar de la pared celular. El ac pectínico como el péptico son bastante insolubles, en presencia de iones calcio, permanecen en la pared celular y producen texturas duras (16).

#### **1.3.4 Especificaciones de control para producto terminado**

Para que el producto sea seguro para el consumo humano este debe poseer una garantía de calidad. Muchos productos poseen normas que estandarizan los criterios de calidad, pero ciertos alimentos como el presente en este trabajo no posee dicha norma al tratarse de un producto nuevo.

En estos casos lo más adecuado es acogerse a normas de productos similares y luego mediante exámenes microbiológicos y toxicológicos validar los criterios de calidad seleccionados.

Por lo tanto, se trabajará bajo los requisitos que establece la norma RTE INEN 085 "Papas fritas congeladas" al tratarse de un tubérculo de similar composición química y el proceso relativamente similar al utilizado (14).

El producto debe considerar lo siguiente:

- I. Los productos a los que se refiere el presente Reglamento Técnico deben cumplir con las disposiciones de higiene establecidas en la norma CODEX STAN 114 vigente.

II. El producto deberá manipularse en condiciones que mantengan su calidad durante el transporte, almacenamiento y distribución, hasta el momento de la venta final inclusive.

III. Sólo podrán ser comercializados en el Ecuador los productos que cumplan con las disposiciones relativas al etiquetado y los demás requisitos establecidos en este reglamento técnico.

IV. En los envases deberán indicarse instrucciones claras para la conservación del producto desde el momento de su compra al minorista hasta el de su consumo, así como las instrucciones para su cocción.

V. El envase que se utilice deberá:

a) proteger las características organolépticas y otras características de calidad del producto;

b) proteger al producto contra la contaminación microbiológica y de otra índole;

c) proteger al producto contra la deshidratación y, cuando proceda, contra las pérdidas en la medida en que sea tecnológicamente posible; y

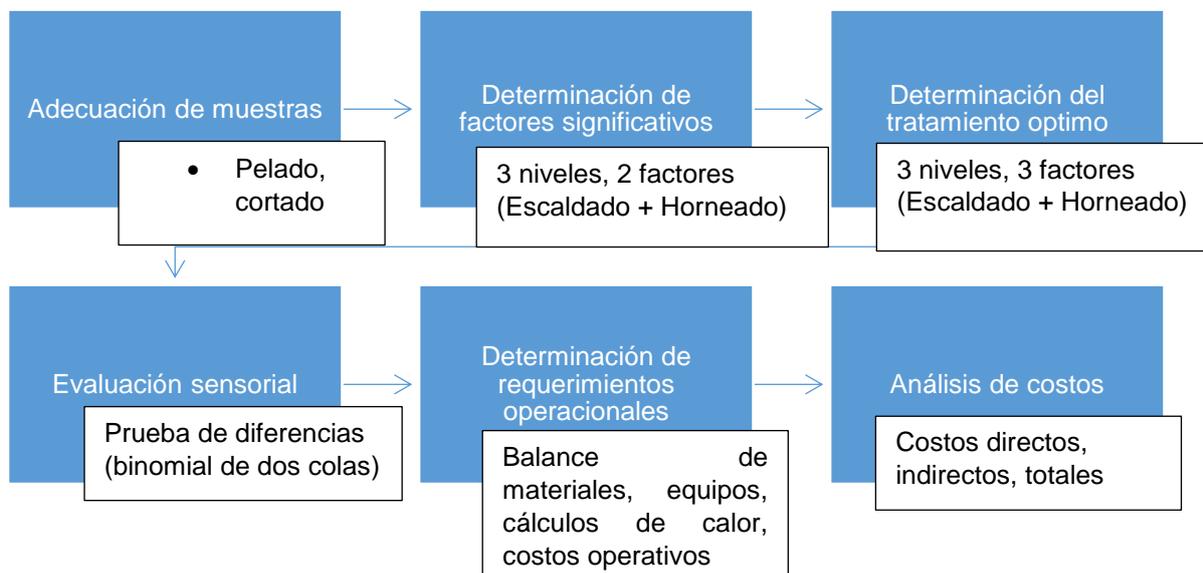
d) no transmitir al producto ningún olor, sabor, color, ni ninguna otra característica extraña durante toda la elaboración (cuando proceda) y distribución del producto hasta el momento de su venta final

# CAPITULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Como se explicó en el capítulo introductorio en el apartado 1.3.3.1, la activación de la pectinmetilesterasa se realiza mediante un tratamiento similar al escaldado en donde se sumergen los bastones de yuca en una solución de cloruro de calcio a 50°C (18). De esta manera se consigue la correcta migración de los ácidos pectínicos hacia la superficie del tubérculo y el correcto enlace de estos ácidos con la sal de calcio.

Posteriormente, se somete el producto a horneado con el objetivo de otorgarle la crocancia característica del producto esperado y completar el proceso de cocción interno de los bastones. Esta cocción se realiza a 400°F (12).



**Figura 2.1: Proceso de obtención del sustituto de yuca frita**

Elaborado por: Ricardo Albán R.

Sin embargo, no todos los parámetros de proceso están normados ya que los tiempos de cocción y escaldado dependen de diversos factores como la composición y dimensiones del producto. La concentración de cloruro de calcio no se encuentra definida para la yuca, solo existiendo estudios en otras matrices como frutas deshidratadas (26).

Se ejecutó un experimento para determinar los factores que tienen un efecto significativo sobre la textura del producto para luego identificar los valores más apropiados y la combinación de éstos. De manera que el tratamiento propuesto permita conseguir una textura similar a su contraparte frita.

Posteriormente se realizó una evaluación sensorial que valide los resultados obtenidos con el texturómetro y verifique la preferencia de los consumidores.

## **2.1 Adecuación de la muestra**

La yuca es lavada y pelada para eliminar la cascará y otras impurezas que contenga el tubérculo. Posteriormente es troceada en bastones uniformes de  $10 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$  que son lavadas una vez más para así eliminar el exceso de almidón.

## **2.2 Determinación de factores significativos**

Para determinar qué factores tienen un efecto significativo sobre la textura de la yuca al finalizar el tratamiento, se realizó una prueba estadística. Mediante el software minitab se ejecutó una prueba de Placket Burman la cual identifica factores significativos mediante el análisis de combinaciones de factores y su efecto sobre la variable de respuesta. Estas combinaciones de factores son aleatorias y se puede ajustar el nivel de confianza del resultado acorde a la precisión deseada (20).

Los factores de estudio fueron la concentración de cloruro de calcio, el tiempo de escaldado y el tiempo de horneado ya que no existen valores preestablecidos de los mismos. Otros factores como dimensiones de la yuca, temperaturas de escaldado y horneado se mantuvieron constantes a lo largo del experimento para que no existan desviaciones en los resultados obtenidos.

Se usó un diseño factorial completo con dos niveles para cada factor. Para el tiempo de escaldado y horneado se usó temperaturas que han dado resultados satisfactorios en pruebas preliminares. Para el cloruro de calcio se usaron valores usados en experimentos similares orientados a la mejora de la textura de snacks (26).

Los factores y niveles seleccionados se muestran en la tabla 2:

**Tabla 2: Factores y Niveles aplicados en la determinación de factores significativos.**

Factor	Nivel inferior	Nivel Superior
Tiempo de escaldado (minutos)	30	50
Tiempo de horneado (minutos)	10	30
Porcentaje de cloruro de calcio	0,05	0,15

Elaborado por: Ricardo Albán R.

Los tratamientos a realizar fueron aleatorios y el software dictó las combinaciones a aplicarse para efectuar el experimento. La tabla 3 detalla los tratamientos realizados para determinar la significancia de cada uno de ellos.

**Tabla 3: Tratamientos aplicados para determinar la significancia de los factores**

Tiempo de escaldado (minutos)	Tiempo de horneado (minutos)	% cloruro de calcio	textura (Newtons)
30	10	0,15	7,23
50	30	0,05	13,11
50	30	0,05	13,12
30	30	0,05	15,85
30	10	0,05	4,02
30	30	0,15	17,85
50	10	0,15	5,25
50	30	0,15	15
50	10	0,15	5,26
30	30	0,15	17,8
30	10	0,05	4,05
50	10	0,05	4,03

Elaborado por: Ricardo Albán R.

Finalmente se ingresó al software la textura obtenida por cada tratamiento y se realizó su respectivo análisis para determinar la significancia de los efectos.

### **2.3 Determinación del tratamiento ideal**

Para determinar el tratamiento más adecuado para obtener una textura similar a la yuca frita, se seleccionaron los factores significativos obtenidos en la etapa previa. Los cuáles son expuestos en el capítulo 3 “Resultados”.

Posteriormente se realizó un diseño factorial general completo donde se insertaron 3 niveles por cada factor. Los niveles seleccionados fueron los mismos aplicados en el experimento anterior y se incluyó un nivel intermedio para incrementar la probabilidad de encontrar un tratamiento óptimo.

Finalmente se insertaron en el software las texturas obtenidas por cada tratamiento generado por el programa y posteriormente se realizó el análisis mediante una gráfica de optimización (21)

## 2.4 Determinación del perfil de textura

El equipo usado para determinar la textura de la muestra es el texturómetro de la marca brookfield Engineering modelo CT3. Este equipo permite efectuar las pruebas de compresión y tracción.



**Figura 2.2: Texturometro Brookfield Engineering Modelo CT3**

Fuente: (Brookfield Engineering, 2016)

El equipo mide el trabajo recuperable el cual se puede vincular a la dureza del producto. Esta dureza expresada en newton fue utilizada como variable de respuesta en el diseño de experimentos planteado de manera que se estudió el efecto de cada factor seleccionado (tiempo de escaldado, horneado y concentración de cloruro de calcio) sobre la variable “textura”.

De la misma manera se usó la textura para comparar los productos obtenidos por el método convencional de fritura y el alternativo con irradiación y tratamiento térmico de manera que se pudo escoger un conjunto de valores apropiados para los factores que permitan obtener un producto con una textura similar al frito.

El equipo trabaja bajo los siguientes parámetros de proceso.

**Tabla 4 Parámetros de Control**

Tipo de test	Compresión
Objetivo	2,0 mm
Carga de activación	6,8 g
Velocidad de test	0,5 mm/s
Velocidad de vuelta	0,5 mm/s
Contador de ciclos	1
Tiempo de recuperación	0 s
Velocidad de pretest	2 mm/s

Elaborado por: Ricardo Albán R.

## **2.5 Evaluación sensorial (prueba de diferencias)**

Esta prueba determina si existe diferencias entre la yuca frita y el producto alternativo con el proceso propuesto (28). Esta prueba trabaja bajo el supuesto de que no existe diferencia entre las muestras, por lo tanto, al evaluar el valor p con un nivel de confianza del 95% se logra determinar si acepta o rechaza la hipótesis nula.

La muestra con yuca frita se codificó con el número 355 mientras que la muestra con el producto horneada se codificó con el número 218. Los panelistas evaluaron las dos muestras e indicaron cuál de ellas es su predilecta. El panel constó de 50 juicios a ciegas en donde se tomaron 2 muestras las cuales fueron presentadas en el siguiente formato:

**Evaluación del Producto**

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Frente a usted hay dos muestras de yuca cocida, sírvase en degustarlas de izquierda a derecha y seleccione con una x la muestra que haya sido de su mayor agrado.

Muestras

355                       218

Comentarios:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Figura 2.3: Evaluación de producto frito Vs producto hornada**

Fuente: Ricardo Albán R.

La yuca fue lavada, pelada y cortada en bastones de 2x2x10 cm de longitud, posteriormente fueron escurridos y separados los bastones para recibir los dos tratamientos propuestos. El primer grupo recibió el tratamiento obtenido con el optimizador de respuestas del software (50 minutos de escaldado, 20 minutos de horneado, %0,05 de cloruro de calcio) y el segundo fue sometido a freído durante 10 minutos.

Ambas muestras fueron codificadas y presentadas en platos desechables junto con el formulario presentado en la figura 2.3 y un vaso de agua para limpiar el paladar después de degustar cada una.

La prueba se realizó en grupos de 15 personas, la cual fue conducida por un instructor que dio las directrices para realizar la evaluación sensorial.

Al finalizar se contabilizaron los juicios y se usó la tabla de probabilidades binomial para x de n juicios del Apéndice B para determinar la probabilidad de rechazar la hipótesis nula.

## **2.6 Materiales y Equipos**

Para la adecuación de la yuca es necesario una tina de enjuague, rodillos de abrasión y rebanadora. En cuanto al el proceso alternativo se requiere una marmita con agitación para el proceso de escaldado y un horno continuo para el proceso de cocción.

Por otro lado, para las pruebas de laboratorio y estadísticas es necesario utilizar un texturómetro y el software minitab para el respectivo análisis estadístico.

## **2.7 Diseño del Lay Out**

Un lay out es la distribución de planta, este concepto se relaciona con la disposición de máquinas, departamentos, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento, pasillos y espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente. La finalidad de la distribución de planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo (29).

Se estableció un Lay Out el cual permitió el correcto funcionamiento de los procesos, agilidad de flujo del personal. Uno que no involucró la inocuidad del alimento y evita la contaminación cruzada.

Para esto se hizo uso de las directrices que ofrece el reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura que dispone la Agencia de Regulación y Control Sanitario.

# CAPITULO 3

## 3. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de las pruebas para determinar la significancia de los factores de estudio y la combinación óptima de éstos para lograr una textura similar a la yuca frita, por otro lado, se presentan los resultados de las evaluaciones sensoriales que ayudan a juzgar la eficacia del tratamiento propuesto y conocer la aceptación del público en cuanto a características sensoriales. Además, se presentan los cálculos requeridos para la selección de equipos y el detalle de los costos de producción para la implementación de una línea de producción de los bastones de yuca con el tratamiento modificado.

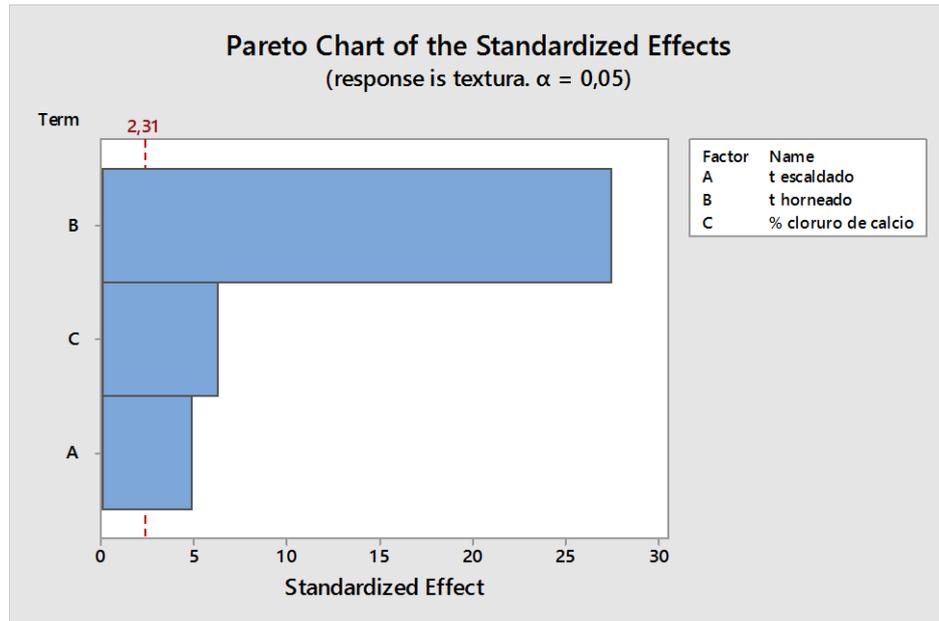
### 3.1 Resultado de la significancia de los factores de estudio

Se evaluaron los 3 factores de estudio mediante un diseño factorial de Plackett Burman, para ello se realizaron 12 tratamientos los cuales fueron generados por el software minitab y se insertaron los valores obtenidos por el texturómetro para cada uno de ellos.

Posteriormente se analizó el diseño factorial y se evaluaron los gráficos “Efectos estandarizados de Pareto” y “Efectos estandarizados Gráfico Normal” los cuales nos permiten evaluar los efectos de cada factor estudiado sobre la variable de respuesta.

El gráfico de Pareto determina la magnitud e importancia de un efecto. El diagrama muestra el valor absoluto de los efectos y traza una línea de referencia en la gráfica. Cualquier efecto que se extienda más allá de esta línea de referencia es potencialmente importante (22).

Para este estudio se puede observar en la figura 3.1 que todos los factores sobre pasan la línea de referencia trazada por el software por lo tanto ejercen un efecto significativo sobre la textura.

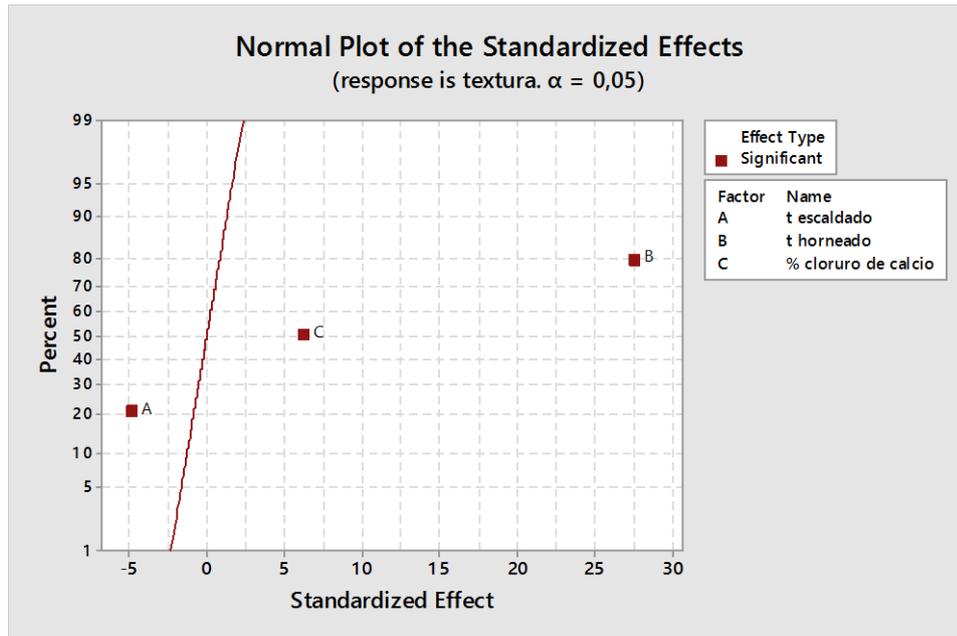


**Figura 3.1 Diagrama de paretto de los efectos significativos**

Elaborado por: Ricardo Albán R.

El gráfico normal por otro lado compara la magnitud y la significancia estadística de los efectos principales y de interacción de un diseño factorial de 2 niveles. La línea ajustada indica donde se esperaría que se situaran los puntos si los efectos fueran cero. Los efectos significativos tienen una etiqueta y se sitúan hacia el lado izquierdo o derecho de la gráfica (23).

En este caso los valores se encuentran alejados nuevamente de la línea de referencia, el tiempo de escaldado se encuentra a la izquierda de la recta y los factores tiempo de horneado y concentración de cloruro de calcio se encuentran a la derecha lo que reafirma la significancia como se explicó en el párrafo anterior.



**Figura 3.2 Grafica Normal de efectos estandarizados**

Elaborado por: Ricardo Albán R.

### 3.2 Resultado de la determinación del tratamiento ideal

Para optimizar los factores se utilizó un diseño factorial completo con 3 factores y 3 niveles los cuales se muestran en la tabla 5. El software generó 27 tratamientos para los cuales se obtuvieron sus respectivas lecturas del texturómetro (tabla 6).

Por otro lado, se midió la textura del producto frito para luego usarla de patrón en la herramienta de optimización.

**Tabla 5: Factores y niveles del diseño factorial general**

Factor	Nivel inferior	Nivel medio	Nivel Superior
Tiempo de escaldado (minutos)	30	40	50
Tiempo de horneado (minutos)	10	20	30
Porcentaje de cloruro de calcio	0,05	0,1	0,15

Elaborado por: Ricardo Albán R.

**Tabla 6: Tratamientos aplicados para optimizar los factores**

tiempo escaldado (minutos)	tiempo horneado (minutos)	% cloruro de calcio	Textura (newtons)
40	20	0,05	12
50	10	0,05	3
50	20	0,05	3,4
40	10	0,15	7
40	30	0,1	2,14
40	10	0,05	4,1
30	20	0,05	4
30	30	0,15	15
50	10	0,1	4,82
40	30	0,05	3,79
50	30	0,15	8,26
50	20	0,1	5,43
30	10	0,05	4,18
40	10	0,1	3,83
50	30	0,05	15,1
50	10	0,15	7,49
30	30	0,05	17,85
30	20	0,1	5,84
40	20	0,15	5,51
30	20	0,15	4
30	30	0,1	13,05
30	10	0,1	6,37
50	20	0,15	2,34
40	20	0,1	5,9
50	30	0,1	6,46
40	30	0,15	5,45
30	10	0,15	7,23

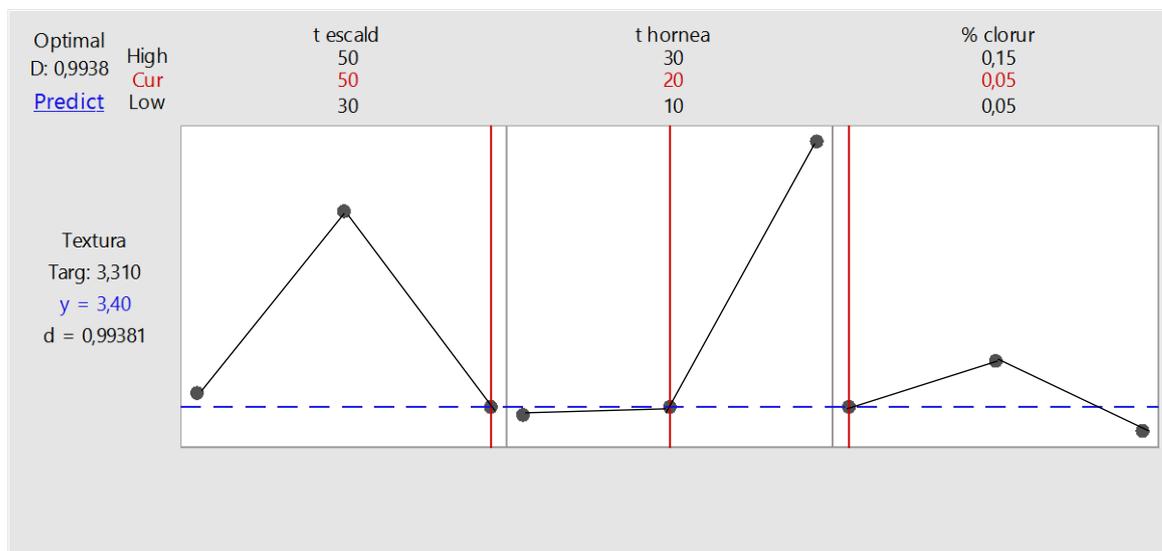
Elaborado por: Ricardo Albán R.

Una vez insertados los valores de textura en la hoja de trabajo (tabla 6) se procedió a realizar el análisis factorial. Para esto se utilizó el optimizador de respuesta una de las herramientas que proporciona dicho análisis. Al abrirlo se despliega una ventana de dialogo que se muestra en la figura 3,3 la cual permite escoger si desea maximizar, minimizar o escoger un target, para

efecto de este estudio se escogió la opción target y se introdujo el valor de la textura de la yuca frita “3,31 N”.

Hecho lo anterior, emerge la figura 3,3 que muestra los factores en cada columna y la variable de respuesta en la fila. Los factores son representados con líneas rojas y las variables de respuestas con líneas azules, por otro lado, los trazos de color negro muestran como varía la variable de respuesta con respecto a la variación de los factores.

Para optimizar los valores de los factores se selecciona la opción predecir dentro de la gráfica y los valores escritos en fuente roja serán los ideales para obtener el valor de textura deseado. Los valores que computo el programa para optimizar la textura fueron 50 min, 20 min y %0,05 para el tiempo de escaldado, tiempo de horneado y concentración de cloruro de calcio respectivamente.



**Figura 3.3 Análisis estadístico para optimización de la variable de respuesta**

Elaborado por: Ricardo Albán R.

### 3.3 Resultados de la evaluación sensorial (prueba de diferencias)

Los resultados de la evaluación sensorial que se realizó para determinar las diferencias del producto frito versus el producto con el tratamiento modificado se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7 Resultados de la evaluación sensorial**

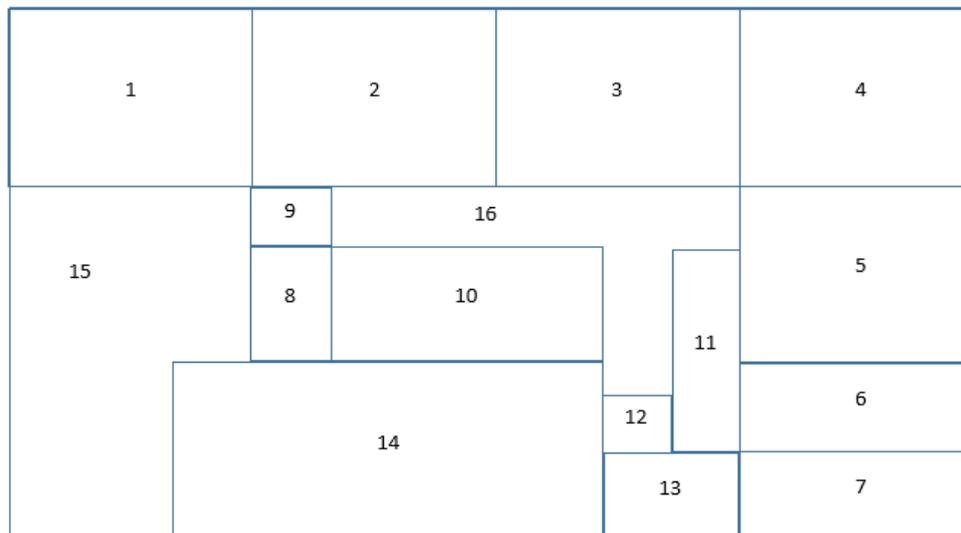
Muestra	X	N	Probabilidad
355	14	50	0,003
218	36		

Elaborado por: Ricardo Albán R.

La muestra 218 la cual corresponde al producto horneado posee una mayor preferencia con 36 juicios alcanzando un valor p de 0,003 acorde a la tabla de probabilidades presentada en el apéndice B menor al  $\alpha = 0,05$  establecido, por lo que se determinó que existe diferencias entre la muestra horneada y frita.

### 3.4 Resultado del Lay out del proceso

Para la distribución de las áreas se debe de determinar el acomodo de las mismas ya que puede ser en forma de “U”, en “L”, en “T”, gravitacional o lineal. Los diseños antes mencionados evitan la contaminación cruzada y aseguran un diseño sanitario. Para esta línea de proceso se dispondrá un arreglo en “L” que permita aprovechar el espacio para otras áreas además de la productiva.



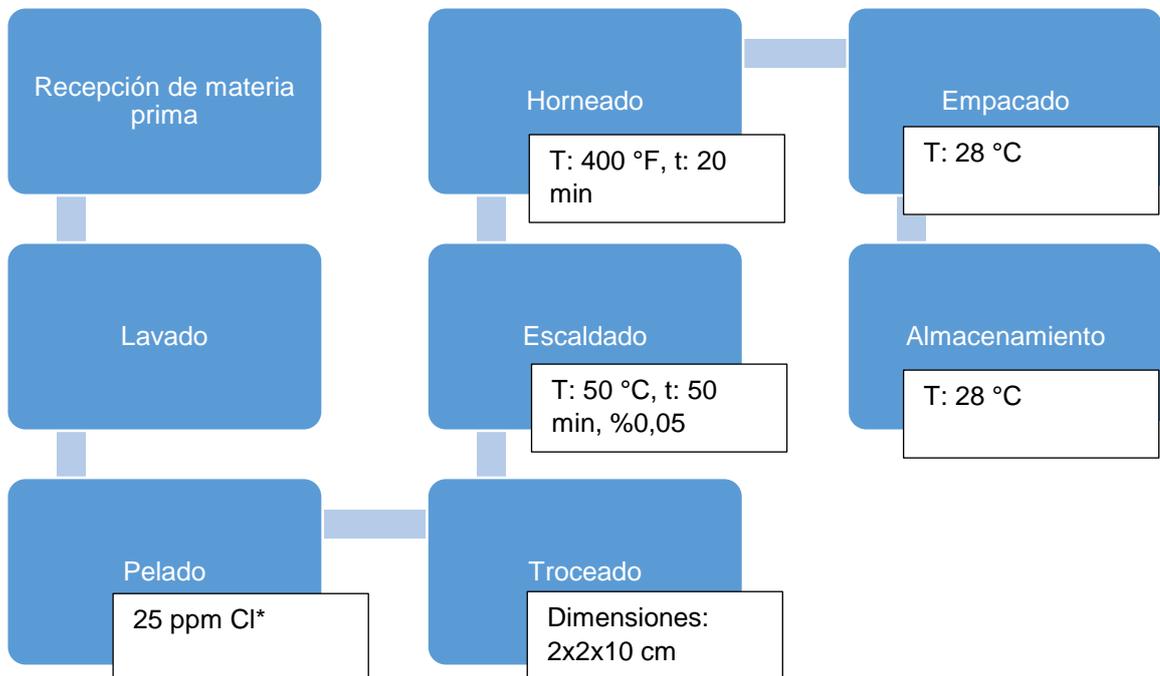
Leyenda: 1 Recepción, 2 Lavado, 3 Troceado, 4 Escaldado, 5 Horneado, 6 Empacado, 7 Almacenamiento, 8 Vestidores y baños, 9 Estación de lavado, 10 Laboratorio de calidad, 11 Bodega de insumos y material de empaque, 12 Lavandería y almacén de productos de limpieza, 13 Cuarto del caldero, 14 Área administrativa, 15 Parqueadero, 16 Pasillo

**Figura 3.4: Layout de la planta procesadora de yuca**

Elaborado por: Ricardo Albán R.

### 3.5 Diseño de proceso y balance de materiales

El proceso comienza con la recepción de la materia prima, esta es recibida en tanques de agua para evitar pardeamiento y proliferación de bacterias. Posteriormente se procede a desinfectar el producto mediante una solución de cloro, el cual posteriormente es removido mediante enjuague en tinas por inmersión. Las yucas luego son peladas y troceadas en forma de bastones uniformes. Entre mayor sea el volumen y menor sea el área superficial de los mismo el proceso de activación enzimática será más efectivo. Hecho lo anterior se sumergen los bastones en piscinas donde el producto será escaldado en presencia de cloruro de calcio. La temperatura de escaldado será de 50°C con el objetivo de activar la pectinmetilesterasa y que los ácidos pectinicos se enlacen con los iones del cloruro de calcio para obtener la textura deseada. Finalmente se hornea el producto a 400 °F en túneles irradiados para darle la crocancia característica y un acabado más homogéneo.



**Figura 3.5: Diagrama de flujo para elaboración de sustituto de yuca frita**

Elaborado por: Ricardo Albán R.

Ya que la producción que se debe cumplir es de 4 toneladas diarias para satisfacer la demanda mensual de 109 toneladas como esta detallado en el apartado 1.3.2, se debe realizar un balance de materiales en cada etapa con el fin de conocer los materiales requeridos y la capacidad necesaria en cada una de ellas el cual se presenta detallado en el apéndice D.

La tabla 8 reúne los requerimientos de materiales y capacidad de equipos por etapa. Estos valores fueron calculados en base al balance de materiales antes mencionado y considerando que la empresa trabaja doble turno por día (16 horas).

**Tabla 8: Resumen de requerimiento de materiales y capacidad de equipos por etapa**

Etapa	Requerimiento de materiales (toneladas/día)	Equipo	Capacidad del equipo (Kg/h)
Recepción de materia prima	6,09	Tina de lavado	380
Lavado	5,93	Tina de lavado	370
Pelado	5,79	Peladora	361
Troceado	5,33	Troceadora	333
Escaldado	5,6	Marmita	350
Horneado	5,6	Horno continuo	350
Empacado	4	Empacadora	250

Elaborado por: Ricardo Albán R.

### 3.6 Selección de equipos

#### Lavadora de yuca

Se seleccionó una lavadora por inmersión, elaborada con acero inoxidable 304, con estructura en perfil tubular con bases para anclaje, posee una tina de recepción y lavado con registro para limpieza y rebosadero, elevador tipo malla plástica con rastra.

	<p><b>Características</b></p> <p>Motor Voltaje Opcional, 2.2 kw* (5 hp)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control (inversor* requerido)</li> <li>• Agua (Típicamente, cepillado en húmedo solamente) 75-157 lpm</li> <li>• Velocidad de los Rodillos 100-500 rpm</li> <li>• Dimensiones (14 Rodillos) 246.38 cm (97 plug) Largo 177.8 cm (70 plug) Ancho, 106.68 cm (42 plug) Altura</li> <li>• Peso^ (14 Rodillos) 1,360.77 kg (3,000 lbs)</li> </ul>
---	---

**Figura 3.6 Lavadora de yuca**

Fuente: (VANMARK, 2016)

### **Peladora de yuca**

Se escogió una peladora modelo Vanmark 2421 ya que esta máquina está diseñada para la durabilidad y la robustez para una operación durante las 24 horas del día. Pela hasta mil kilogramos de yuca.

El producto ingresa en el tobogán de entrada y se lo pela a través de rodillos que procesan y hacen girar repetidamente al producto hasta que el mismo abandona la máquina. La cantidad de material que se extrae está totalmente controlada por una combinación del tipo de rodillo, su velocidad y la disposición de la compuerta de descarga.

	<b>Características</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor (Voltaje Opcional)(2420) 3.72 kw (5 hp), (2421) 2.23 kw (3 hp)</li> <li>• Agua 2.75 bar max (40 psi), 100 lpm (27 gpm) • Control Adaptado al Inversor (380-480 VAC solamente) • Velocidad de los Rodillos 150-450 rpm • Dimensiones (2421) 189.4 cm (75 plug) Largo 71 cm (28 plug) Ancho 160 cm (63 plug) Altura • Peso (2421) 635 kg (1,400 lbs) (Aprox)</li> </ul>

**Figura 3.7 Peladora de yuca**

Fuente: (VANMARK, 2016)

### **Rebanadora de Yuca**

La estructura celular del producto está protegida mejor, aumentando considerablemente su conservación.

El tamaño de corte de la yuca se determina por la combinación de los siguientes factores: tipo y velocidad de la rueda de corte, número de cuchillas en la rueda de corte y velocidad de la correa de transporte.

Pequeñas cuchillas juliana, colocadas transversalmente en la rueda de corte corta el producto mientras que una cuchilla circular o apear cutre corta el producto en secciones rectangulares o bastones.

	<p><b>Características</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PLC totalmente integrado</li> <li>• Sensor de bloqueo</li> <li>• Sistema de eliminación de residuos</li> <li>• 10.6-20.32 cm (4-8 plug) bomba Cornell</li> <li>• 2-30 motor hp</li> <li>• Sistema de extracción de centro del pimiento</li> <li>• Sistema de monitoréo de niveles de agua</li> <li>• Válvulas neumáticas de drenaje</li> <li>• Medidor de flujo</li> </ul> <p>Dimensiones: 646.43 cm (21'2.5")  Largo 241.3 cm (7'11") Ancho 301 cm (9'10.5") Altura</p>
---	---

**Figura 3.8 Rebanadora de yuca**

Fuente: (Vanmark, 2016)

### **Marmita**

Las marmitas de la Gama 900 disponen de tapa abatible y compensada, piezoeléctrico para encendido, y electroválvulas de llenado para agua fría y caliente, con posibilidad de cámara de baño maría.

	Características
	<p>Fabricado en acero inox.          Capacidad: 700 litros          Sistema de calentamiento: con vapor          Potencia: 0,15 Kw tensión: 220 v frecuencia: 50 Hz intensidad: 0,8 a          Incorpora dos jaulas en inox.          18/8 aisi 304 de dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interiores: largo-1.620 mm ancho-650 mm alto-540 mm</li> <li>• diámetro de los agujeros-22 mm</li> <li>• exteriores: largo-1.640 mm ancho-670 mm alto-580 mm</li> </ul> <p>Dimensiones totales: largo-2.000 mm ancho-1.000 mm alto-1.050 mm          Peso: 653 Kg</p>

**Figura 3.9 Marmita**

Fuente: (Vanmark, 2016)

### Horno continuo

Diversos parámetros tienen que ser tomados en cuenta para determinar el tipo de túneles más apropiado: materia, forma, estado de superficie, velocidad de paso, número de piezas

Principio de funcionamiento de los túneles:

- Calentamiento por aire caliente, por convección natural o convección forzada (aire pulsado)
- Calentamiento por infrarrojo, corto, medio o largo, según el producto que hay que calentar.

	Características
	P: 34kW
	Longitud de tratamiento: 3500 mm.
	Anchura: 1400 mm.

**Figura 3.10 Túnel de horneo**

Fuente: (ACIMJOUANIN, 2016)

### Dosificadora

Máquina con sistema de pesaje de una balanza, para empacado de productos granulados o sólidos como arroz, maní, papas fritas, chifles, yucas, cereales, extruidos, frutas secas, partes plásticas, etc.

	Características
	Peso máximo de dosificación: 1000 g.
	Exactitud: 0,5 a 1 g.
	Velocidad: 20 – 40 dosificaciones minuto (dependiendo del producto a empacar: volumen, características físicas, densidad, etc.)
	Memorias: 10
	Dimensiones: 1117 x 1100 x 1140 mm
	Peso: 220Kg
	Potencia:1000W
Voltaje:220V	

**Figura 3.11 Dosificadora**

Fuente: (ASTIMEC, 2016)

### **3.7 Cálculos para determinar requerimientos operacionales**

Los procesos críticos del proceso planteado son el escaldado y horneado, ya que además de conferirle al producto las características esperadas también tienen requerimientos especiales desde el punto de vista energético. Por otro lado, estos gastos energéticos incurren en costos de operación por lo que resulta medular evaluarlos para establecer el costo de fabricación del producto y establecer un precio de venta que justifique los costos antes mencionados.

#### **3.7.1 Calculo de consumo energético y costo operativo del horno mensual**

Para calcular los requerimientos del calor del horno fue necesario primero identificar el viaje térmico que sufre el producto a través del proceso. En primera instancia este absorbe calor sensible al aumentar su temperatura de 50 a 100 °C, luego sufre un calor latente al entrar en fase de ebullición el agua libre de la yuca y finalmente absorbe calor sensible nuevamente al aumentar la temperatura del producto a 250 °C. por lo tanto fue necesario calcular el cp del producto en base a la composición mostrada en la figura 3.12 para una muestra de yuca cocida y se usó la fórmula propuesta por Choi y Okos (12).

Posteriormente se aplicaron las fórmulas de calor sensible y latente considerando 109 toneladas de producto a procesar en el mes y una vez obtenido el calor total requerido llevarlo a Kwh para determinar el costo operativo del horno mensual.

Comparación del valor nutricional de la yuca, la yuca cocida y el casabe con otros alimentos de base, por 100 g de alimento (parte comestible)							
	Yuca	Yuca cocida	Casabe	Maíz blanco	Pan de trigo	Arroz blanco cocido	Papa cocida
Calorías (Kcal)	148	136	343	98	283	111	71
Humedad (g)	61,6	65,3	12,5	74,1	32,2	73,1	81,2
Proteínas (g)	1,1	0,8	1,3	3,4	9,2	2,2	2,0
Grasas (g)	0,2	0,2	0,6	1,0	3,0	0,1	0,1
Glúcidos (g)	35,5	32,7	83,0	19,7	53,6	24,4	15,6
Fibras (g)	1,0	0,6	1,7	1,0	0,5	0,1	0,5
Cenizas (g)	0,6	0,4	0,9	0,8	1,5	0,2	0,6
Calcio (mg)	29	20	60	15	32	2	6
Fósforo (mg)	53	38	78	111	99	27	40
Hierro (mg)	0,7	0,5	3,1	0,5	0,7	0,3	0,7
Tiamina (mg)	0,06	0,04	0,08	0,2	0,09	0,01	0,1
Riboflavina (mg)	0,03	0,02	0,05	0,08	0,06	0,02	0,0
Niacina (mg)	0,60	0,4	0,7	2,00	1,10	0,20	1,10
Ácido asc. (mg)	35,00	-	-	8,00	-	-	-

**Figura 3.12 Composición de la yuca**

Fuente: (Cartay, 2004)

Cálculo de  $c_p$  (Método de Choi y Okos)

Antes del horneado ( $T=50^{\circ}\text{C}$ )

$$C_{p_{prot}} = 2,0082 + 1.2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2 = 2,0533 \text{ Kj/Kg}$$

$$C_{p_{grasa}} = 1,9842 + 1.4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2 = 2,046 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_{carb}} = 1,5488 + 1.9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2 = 1,632 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_{ceniz}} = 1,0926 + 1.8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2 = 1,178 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_{agua}} = 4,17629 - 9,0864 \times 10^{-5}T - 5,4731 \times 10^{-6}T^2 = 4,158 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_{fibra}} = 1,8459 - 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2 = 1,743 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 C_{p_t} &= \sum C_{pi}X_i \\
 &= (0,653)(4,158) + (0,008)(2,0533) + (0,002)(2,046) \\
 &\quad + (0,327)(1,632) + (0,006)(1,743) + (0,004)(1,178) \\
 &= 3,284 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Cuando el agua del producto se ha evaporado ( $T=100^{\circ}\text{C}$ )

$$C_{p_{prot}} = 2,0082 + 1.2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2 = 2,183 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_{grasa}} = 1,9842 + 1.4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2 = 2,094 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_{carb}} = 1,5488 + 1.9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2 = 1,710 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_{ceniz}} = 1,0926 + 1.8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2 = 1,313 \text{ Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$Cp_{agua} = 4,17629 - 9,0864 \times 10^{-5}T - 5,4731 \times 10^{-6}T^2 = 3,983 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Cp_{fibra} = 1,8459 - 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2 = 1,366 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Cp_t &= \sum Cp_i X_i \\ &= (0,353)(3,983) + (0,011)(2,183) + (0,003)(2,094) \\ &\quad + (0,467)(1,710) + (0,009)(1,366) + (0,006)(1,313) \\ &= 2,224 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Cálculo del calor requerido en el horneado

1) Calculo el Q necesario para cocinar el producto

SENSIBLE 1

$$\begin{aligned} Q &= mCp(T_2 - T_1) = 109000 \text{Kg} \left( (3,284) \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}^\circ\text{C} \right) (100 - 50)^\circ\text{C} \\ &= 17897800 \text{Kj} \end{aligned}$$

LATENTE

$$Q = m\lambda = 32700 \text{Kg} \left( \frac{2255 \text{Kj}}{\text{Kg}} \right) = 73738500 \text{Kj}$$

SENSIBLE 2

$$\begin{aligned} Q &= mCp(T_2 - T_1) = 76300 \text{Kg} \left( (2,224) \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}^\circ\text{C} \right) (250 - 100)^\circ\text{C} \\ &= 25453680 \text{Kj} \end{aligned}$$

CALOR TOTAL

$$Q = \sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 117089980 \text{Kj}$$

2) Cálculo de la razón de calor y costo operacional

$$\begin{aligned} \left( \frac{117089980 \text{Kj}}{1 \text{mes}} \right) \left( \frac{1 \text{Kwh}}{3600 \text{Kj}} \right) &= 32524,9 \text{KWh/mes} \\ \left( \frac{32524,9 \text{Kwh}}{\text{mes}} \right) \left( \frac{\$0,1133}{\text{Kwh}} \right) &= \$3685 \end{aligned}$$

### 3.7.2 Cálculo de consumo energético y costo operativo de la marmita mensual

De forma similar al horneado se determinó el viaje térmico que sufre la yuca durante el escaldado el cual corresponde a la absorción de calor sensible desde la temperatura ambiente hasta 50 °C. Una vez calculado el calor requerido por la marmita se calculó el requerimiento de combustible del caldero considerando que el calor requerido por la marmita es el calor generado por el caldero y que este funciona con gas butano cuyo poder calorífico inferior es 10938 Kcal/kg (19).

1) Cálculo el Q necesario para escaldar el producto

$$Q = mC_p(T_2 - T_1) = 109000Kg \left( (3,284) \frac{Kj}{Kg} \text{ } ^\circ C \right) (50 - 25)^\circ C = 12528460 Kj$$

2) Cálculo de consumo de gas del caldero

$$\left( \frac{12528460 Kj}{1mes} \right) \left( \frac{0,239006Kcal}{Kj} \right) = 2994377Kcal/mes$$

$$m_{gas} = \frac{(Consumo calorico)}{(Poder calorifico inferior)} = \frac{2994377 \frac{Kcal}{mes}}{10938 \frac{Kcal}{Kg}} = 273 Kg/mes$$

$$\left( \frac{273 Kg}{mes} \right) \left( \frac{1 cilindro}{5Kg} \right) \left( \frac{\$2}{1 cilindro} \right) = \$109$$

3) Consumo eléctrico de la marmita

$$2HP \left( \frac{0,746KW}{HP} \right) \left( \frac{\frac{KJ}{s}}{KW} \right) \left( \frac{60s}{1 min} \right) \left( \frac{400min}{1 día} \right) \left( \frac{1Kwh}{3600Kj} \right) = 10Kwh/día$$

$$\left( \frac{10Kwh}{día} \right) \left( \frac{\$0,1133}{Kwh} \right) = \$1,12$$

$$Consumo mensual = (Consumo diario) \times (\text{días laborables al mes}) = \$1,12(25) = \$28,17$$

La tabla 9 reúne los requerimientos energéticos de las dos etapas descritas en este apartado y sus costos operativos.

**Tabla 9: Cálculos de calor y costos operativos**

<b>Items</b>	<b>Valor</b>
Kilogramos procesados mensuales	109000
Temperatura de escaldado	50 C
Temperatura de horneado	250 C
Cp producto 50 C	3,284 Kj/Kg°C
Cp producto 100 C	2,224 Kj/Kg°C
Calor requerido por el horno (mes)	117089980 Kj
Energía Requerida por el horno	32524,9 Kwh/mes
Costo Operativo del Horno (mes)	\$3685
Calor requerido por la marmita (mes)	12528460 Kj
Gas consumido por la marmita (mes)	273 Kg
Costo operativo mensual de marmita (gas)	\$109
Costo operativo mensual de marmita (electricidad)	\$28,17

Elaborado por: Ricardo Albán R.

### **3.7.3 Calculo de consumo energético y costo operativo de otros equipos**

Para el cálculo del consumo eléctrico de los otros equipos del proceso se consideró la potencia eléctrica que consumen y el tiempo de operación de cada uno de ellos en una jornada diaria (tabla 10).

**Tabla 10: Consumo energético de equipos y tiempos de operación**

EQUIPO	POTENCIA/CONSUMO	Tiempo de operación por batch	Tiempo de operación diaria
Lavadora	5 HP	10 min	80 min
Peladora	3 HP	10 min	80 min
Rebanadora	3 HP	10 min	80 min
Dosificadora	1,32 HP	15 min	120 min
Marmita	2 HP	50 min	400 min
Horno	44 HP	20 min	160min
Tiempo de batch		115 min≈2h	
Número de batch		8	
Valor del Kwh		\$0,1133	

Elaborado por: Ricardo Albán R.

### Lavadora

$$5HP \left( \frac{0,746KW}{HP} \right) \left( \frac{\frac{KJ}{s}}{KW} \right) \left( \frac{60s}{1 \text{ min}} \right) \left( \frac{80min}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{1Kwh}{3600Kj} \right) = 4,97Kwh/día$$

$$\left( \frac{4,97Kwh}{día} \right) \left( \frac{\$0,1133}{Kwh} \right) = \$0,563$$

### Peladora

$$3HP \left( \frac{0,746KW}{HP} \right) \left( \frac{\frac{KJ}{s}}{KW} \right) \left( \frac{60s}{1 \text{ min}} \right) \left( \frac{80min}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{1Kwh}{3600Kj} \right) = 2,98Kwh/día$$

$$\left( \frac{2,98Kwh}{día} \right) \left( \frac{\$0,1133}{Kwh} \right) = \$0,34$$

### Rebanadora

$$3HP \left( \frac{0,746KW}{HP} \right) \left( \frac{\frac{KJ}{s}}{KW} \right) \left( \frac{60s}{1 \text{ min}} \right) \left( \frac{80min}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{1Kwh}{3600Kj} \right) = 2,98Kwh/día$$

$$\left( \frac{2,98Kwh}{día} \right) \left( \frac{\$0,1133}{Kwh} \right) = \$0,34$$

### Dosificadora

$$1,32HP \left( \frac{0,746KW}{HP} \right) \left( \frac{\frac{KJ}{s}}{KW} \right) \left( \frac{60s}{1 \text{ min}} \right) \left( \frac{120min}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{1Kwh}{3600KJ} \right) = 1,96Kwh/día$$
$$\left( \frac{1,96Kwh}{día} \right) \left( \frac{\$0,1133}{Kwh} \right) = \$0,22$$

### CONSUMO DIARIO

$$\text{Consumo diario} = \sum \text{consumo de equipos} = 0,563 + 0,34 + 0,34 + 0,22 = \$1,463$$

### CONSUMO MENSUAL

$$\text{Consumo mensual} = (\text{Consumo diario}) \times (\text{días laborables al mes}) = \$1,463(25)$$
$$= \$36,57$$

Una vez establecidos los requerimientos energéticos y los costos operativos de los equipos se puede realizar el análisis de costos para determinar el costo unitario de fabricación y determinar un precio de venta apropiado para generar utilidades.

### 3.8 Análisis de Costos

Para la elaboración de los costos del producto se establecieron los siguientes rubros como materia prima

**Tabla 11: Costo de materiales directos**

Material directo del producto terminado	Costo unitario por caja de 500g (\$)
Yuca	0,156
Cloruro de calcio	0,012
Funda de polietileno	0,03
Caja de carton	0,60
Total	0,798

Elaborado por: Ricardo Albán R.

El costo obtenido fue de \$0,798 por caja de 500g lo que genera un costo de material directo mensual de \$173964 si se considera una producción de 109 toneladas al mes lo que equivale 218000 cajas de 500 g. La producción

mensual fue establecida para cubrir el 10% de la producción de yuca acorde a lo establecido en el apartado 1.3.2.

**Tabla 12: Costo de materiales directos por mes**

Costo de material directo x mes (\$)	
Material directo por caja	0,798
Cajas al mes	218000
Total	173964

Elaborado por: Ricardo Albán R.

Para el cálculo de la mano de obra directa mensual se consideró 35 empleados que generan un costo mensual de \$24021

**Tabla 13: Mano de obra directa**

Mano de obra directa	No de personal	Sueldo mensual bruto (\$)	Remuneración mensual (\$)	% Beneficios sociales	Costo MOD mensual (\$)
Obreros	30	400	12000	41,3	16956
Supervisor de calidad	1	1400	1400	41,3	989,10
Analista de Laboratorio	2	700	1400	41,3	
Supervisor de planta	1	1500	1500	41,3	989,10
Supervisor junior de planta	1	700	700	41,3	
Total	35		17400		24021

Elaborado por: Ricardo Albán R.

Los costos indirectos de fabricación del producto se generan de acuerdo a lo establecido en la tabla 14. Los costos energéticos están basados en los cálculos establecidos en la sección anterior y otros rubros adicionales que se explican en detalle en el apéndice E.

**Tabla 14: Costos indirectos de fabricación**

Costos indirectos de fabricación mensuales (\$)	
Energía eléctrica	3750
Combustible Caldero	109
Combustible vehículos	91
Mantenimiento de equipos	2000
Depreciación	200
Mantenimiento Vehículos	1000
Gastos administrativos	10000
Gastos de ventas	10000
Costos indirectos de fabricación (total)	27150

Elaborado por: Ricardo Albán R.

El costo de producción total será \$225135 obteniendo un costo unitario de \$1,03 por la caja de 500g.

**Tabla 15: Costo total de producción**

Costo de producción total x mes (\$)	
Costo de material directo	173964
Costo de MOD	24021
Costos indirectos de fabricación	27150
Total	225135

Costo unitario (\$)	1,03
---------------------	------

Elaborado por: Ricardo Albán R.

Hecho el análisis de costos se puede establecer un precio de venta que permita obtener una utilidad que sostenga los costos operacionales y no operacionales, pero también permita obtener un flujo de efectivo positivo mensualmente.

Si este producto es vendido a las cadenas de restaurantes por un valor de \$2,06 se puede obtener hasta el 100% de utilidad.

La tabla 16 resume los valores más importantes del análisis de costo presentado en esta sección

**Tabla 16: Resumen del análisis de costos**

Producto	Yuca horneada
Presentación por unidad	Caja de cartón
Peso neto	500 gramos
Cajas producidas al mes	218000
Costo de la unidad	\$1,03
Precio de venta de la unidad	\$2,06
Utilidad esperada	100%

Elaborado por: Ricardo Albán R.

# CAPITULO 4

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Conclusiones

Se pudo determinar que los tres parámetros estudiados, el tiempo de escaldado, horneado y concentración de cloruro de calcio poseen un efecto significativo sobre la variable de respuesta ya que el efecto estandarizado individual de cada variable excede el efecto esperado el cual corresponde a 2,31 (valor esperado asignado por el software con un nivel de confianza del 95%).

Mediante la herramienta de optimización se determinó que la combinación ideal de los factores estudiados corresponde a 50 min para el tiempo de escaldado, 20 min para el tiempo de horneado y %0,05 para la concentración de cloruro de calcio para obtener un producto de características similares al frito.

El tratamiento obtenido con la herramienta de optimización fue juzgado por un panel conformado por 50 personas. El veredicto fue favorable para el producto horneado ya que existen diferencias significativas entre ambas muestras. El valor p obtenido "0,003" fue menor al nivel de significancia de 0,05. Por lo tanto, se cumple la hipótesis alternativa que existe preferencia hacia la muestra 218 correspondiente al producto horneado.

Se realizó un estudio de mercado para determinar el volumen de producción. Al encontrarse que el sector objetivo es muy extenso, se seleccionó únicamente la provincia del Guayas en su zona urbana, la cual será cubierta el 10% de su demanda lo que corresponde a 109 toneladas mensuales.

Finalmente se realizó un análisis de costos donde se obtuvieron los costos de fabricación mensuales del producto, así como su costo unitario siendo este de

\$1,03 por caja de 500 g. Si este producto es vendido a las cadenas de restaurantes por un valor de \$2,06 se puede obtener hasta el %100 de utilidad.

## **4.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar un estudio estadístico haciendo uso del método de superficie de respuesta para afinar los valores ya estipulados en la optimización y realizar un análisis de costos para determinar la rentabilidad del negocio, el tiempo de retorno de la inversión y el punto de equilibrio y conocer las unidades mínimas a vender para no tener pérdidas.

Durante las pruebas sensoriales, se realizó una segunda evaluación en un grupo conformado por personas entre 35 y 42 años donde se obtuvieron mayores juicios a favor de la yuca horneado con respecto al primer grupo conformado por personas entre 17 y 23 años. Por lo tanto, se recomienda enfocar el producto hacia adultos y personas comprendidas en el rango antes descrito.

Además, se debería evaluar la factibilidad de presentar el producto congelado en el mercado ya que permite incursionar a otro tipo de sectores como lo son el de la comida rápida, súper mercados e incluso la exportación.

# BIBLIOGRAFÍA

1. ACIMJOUANIN (2016). Tuneles eléctricos calentadores. Acimjouaninfr. Retrieved from: [http://www.acimjouanin.fr/espagnol/T%C3%B0Aneles\\_el%C3%A9ctricos\\_calentadores.html](http://www.acimjouanin.fr/espagnol/T%C3%B0Aneles_el%C3%A9ctricos_calentadores.html)
2. ASTIMEC (2016). Maquina empacadora de pesaje de una balanza. Astimec.net. Retrieved from: <http://www.astimec.net/maquina-empacadora.html>
3. Badui, S (2006). Química de los Alimentos. Cuarta Edición. Editorial Pearson, Mexico DF, Mexico. p. 245-281.
4. Biomedal (2016). ALTERACIÓN DEL ACEITE Y EFECTOS SOBRE LA SALUD. Biomedal Diagnostics. Retrieved from: <http://foodsafety.biomedal.com/es/productos/por-aplicacion/control-de-aceite-de-fritura/alteracion-del-aceite-y-efectos-sobre-la-salud/>
5. Brookfield Engineering (2016). CT3 Texture Analyzer. Brookfieldengineering.com: Retrieved from: <http://www.brookfieldengineering.com/products/texture-analysis/ct3.asp>
6. Carabali, I (2009). EXTRACCIÓN Y MEDIDA DE ACTIVIDAD DE PECTIN METIL ESTEARASA EN PITAYA AMARILLA (*Acanthocereus pitajaya*), ENZIMA RELACIONADA CON EL ABLANDAMIENTO. Acta Bilógica Colombiana, Vol 14, no 2, Bogota. Retrieved from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2009000200006&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2009000200006&lang=pt)
7. Casp, A; J, Abril (2003). Procesos de Conservación de Alimentos. Segunda Edición. Ediciones Mundi prensa, Madrid, España. p: 185
8. Cortes, E (2007). Obtención de almidón agrio de yuca y aprovechamiento del afrecho, determinando su calidad para ser utilizado en la elaboración de un producto azucarado enriquecido en fibra. Universidad de Cuenca, Cuenca. Ecuador. Retrieved from: <http://cdjbv.ucuenca.edu.ec/ebooks/tq931.pdf>
9. De Vargas, R (2013). Daily consumption of soft drinks, sweets and fried foods among adolescents in the northeast of Brasil. Vol 118, p: 12. Retrieved from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232013001200030&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232013001200030&lang=pt)

10. EL UNIVERSO (2008). Grasas de infarto, riesgo para quienes consumen muchas frituras y embutidos. Retrieved from: <http://www.eluniverso.com/2008/10/23/0001/1064/16B3656EE2CD46D3857807DDE782A229.html>
11. El Telégrafo (2007). Ecuador gasta más de \$ 48,27 millones en comida rápida al mes. Retrieved from: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/ecuador-gasta-mas-de-4827-millones-en-comida-rapida-al-mes>
12. Fellows, P (2000). Tecnología del Procesado de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Woodhead Publishing, Zaragoza, España. p 426
13. Garcia, A (2010). INFLUENCIA DEL CLORURO DE CALCIO Y DE UN TIPO DE EMPAQUE SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y LA TEXTURA DE LA FRESA (FRAGARIA X ANANASSA DUCH.) DURANTE EL ALMACENAMIENTO. Facultad Nacional de Agronomía, Vol 63, no 1, Medellín. Retrieved from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472010000100017&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472010000100017&lang=pt)
14. INEN (2014). RTE INEN 085: "Papas fritas congeladas". Normalización.gob.ec. Retrieved from: <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/RTE-085.pdf>
15. Kathleen, I (2009). Krause Dietoterapia. Doceava Edición. Editorial Elsevier, Barcelona, España. p. 50-7
16. Maca, M. (2012). Inactivación termica de la pectinmetilesterasa en tomate de árbol. Retrieved from <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v24n3/art06.pdf>
17. MECALUX (2016). Cortadora de papas transversal (FAM Mantis 1D). Logismarket. Retrieved from: <https://www.logismarket.com.mx/vm/cortadora-de-papas-transversal/1753620399-3356597204-p.html>
18. Mendoza, R (2012). Cinética de Inactivación de la Enzima Peroxidasa, Color y Textura en Papa Criolla (Solanum tuberosum Grupo phureja) sometida a tres Condiciones de Escaldado. Información tecnológica, Vol23, no 4. Retrieved from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642012000400009](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000400009)

19. Minetad (2009). Gases licuados del petróleo. Secretaría de Estado de Energía. Retrieved from: <http://www.minetad.gob.es/energia/glp/Paginas/Index.aspx>
20. MINITAB support (2016). Plackett Burman Designs. Minitab.com. Retrieved from: <http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/doe/factorial-designs/plackett-burman-designs/>
21. MINITAB support (2016). ¿Qué es una gráfica de Optimización? Minitab.com. Retrieved from: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/using-fitted-models/response-optimization/what-is-an-optimization-plot/>
22. MINITAB support (2016). ¿Qué es un diagrama de Pareto de los efectos?. Support.minitab.com. Retrieved from: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/doe/factorial-design-plots/what-is-a-pareto-chart-of-effects/>
23. MINITAB support (2016). ¿Qué es una gráfica normal y de normales (absolutos) de los efectos?. Support.minitab.com. Retrieved from: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/doe/factorial-design-plots/normal-and-half-normal-effects-plots/>
24. Salazar, A (2013). IMPORTANCIA DE LAS PECTINAS EN LA DINÁMICA DE LA PARED CELULAR DURANTE EL DESARROLLO VEGETAL. Departamento de Ecología Funcional, Mexico DF, Mexico. Retrieved from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/reb/v32n2/v32n2a3.pdf>
25. Salguiero, J (2009). Evaluación de ensilaje de yucca mas agua mas yogurt y ensilaje de yucca y vinaza de destileria de alcohol en la alimentación de cerdos en crecimiento. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Retrieved from: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1342/1/17T0912.pdf>
26. Sanjinez, E (2010). Influencia de la deshidratación osmótica y de la adición de cloruro de calcio en la conservación de kivis minimamente procesados. Ciencia y tecnología de Alimentos, 1, 205-209. Retrieved from: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v30s1/31.pdf>

27. Ontiveros, M (2015). Interacciones sociales como determinantes de obesidad y sobrepeso. *Economía Informa*. Vol 391, p: 3-31. Retrieved from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0185084915000031>
28. UNAD (2015), Métodos de Análisis sensorial. Datateca. Retrieved from: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401552/Capitulo\\_8/831prueba\\_de\\_preferencia\\_simple\\_o\\_pareada.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401552/Capitulo_8/831prueba_de_preferencia_simple_o_pareada.html)
29. UNAD (2016). La distribución de planta y los procesos que maneja la producción industrial. Datateca. Retrieved from: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102506/MATERIAL\\_DIDACTICO\\_EXE\\_201001/leccin\\_6\\_la\\_distribucion\\_en\\_planta\\_y\\_los\\_procesos\\_que\\_maneja\\_la\\_produccion.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102506/MATERIAL_DIDACTICO_EXE_201001/leccin_6_la_distribucion_en_planta_y_los_procesos_que_maneja_la_produccion.html)
30. Urbano, M (2010). EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE YUCA (Manihot esculenta Cranz) EN EL PROCESO DE FRITURA A VACIO DE CHIPS. Riunet. Retrieved from: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14424/TM%20ANGELA%20M.%20URBANO%20RAMOS.pdf?sequence=1>
31. VANMARK (2016). PELADORAS, RASPADORAS Y LAVADORAS DE VANMARK. Vanmarkequipment. Retrieved from: <http://www.vanmarkequipment.com/es/equipo/peladoraraspadoralavadora/>

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

**DE POBLACION Y VIVIENDA 2010**  
 ada hecho de tu vida cuenta... Ecuador cuenta con el INEC



Titulo	Sexo		
	Hombre	Mujer	
Población Ecuador, sector urbano			
<b>Crosstab</b>			
de Grupos de edad			
por Sexo			
<b>Grupos de edad</b>			
Menor de 1 año	78,016	74,889	
De 1 a 4 años	361,910	348,681	
De 5 a 9 años	455,607	444,077	
De 10 a 14 años	463,344	452,020	
De 15 a 19 años	436,066	440,148	
De 20 a 24 años	410,523	427,981	
De 25 a 29 años	385,870	409,251	
De 30 a 34 años	343,564	367,593	
De 35 a 39 años	296,600	322,023	
De 40 a 44 años	260,354	284,338	
De 45 a 49 años	240,212	261,683	
De 50 a 54 años	195,034	209,477	
De 55 a 59 años	159,849	172,536	
De 60 a 64 años	117,992	128,249	
De 65 a 69 años	88,533	100,243	
De 70 a 74 años	63,047	73,297	
De 75 a 79 años	42,606	51,230	
De 80 a 84 años	29,113	37,426	
De 85 a 89 años	14,986	20,829	
De 90 a 94 años	6,032	9,508	
De 95 a 99 años	1,815	3,123	
De 100 años y mas	361	750	
<b>Total</b>	<b>4,451,434</b>	<b>4,639,352</b>	

Seleccion\PROVIN\_09.sel

**Título**

Población Guayas, Sector Urbano

**Crosstab**

de Grupos de edad

por Sexo

Grupos de edad	Sexo	
	Hombre	Mujer
Menor de 1 año	26,149	25,363
De 1 a 4 años	123,064	119,061
De 5 a 9 años	151,486	147,735
De 10 a 14 años	157,459	152,776
De 15 a 19 años	141,553	143,705
De 20 a 24 años	135,516	139,543
De 25 a 29 años	129,485	134,149
De 30 a 34 años	122,113	126,887
De 35 a 39 años	104,512	109,099
De 40 a 44 años	91,956	97,341
De 45 a 49 años	85,637	91,369
De 50 a 54 años	70,606	74,025
De 55 a 59 años	57,615	60,784
De 60 a 64 años	40,424	43,497
De 65 a 69 años	29,498	32,963
De 70 a 74 años	20,548	23,735
De 75 a 79 años	14,094	16,746
De 80 a 84 años	9,423	12,090
De 85 a 89 años	4,722	6,657
De 90 a 94 años	1,795	2,991
De 95 a 99 años	568	963
De 100 años y mas	108	245
<b>Total</b>	<b>1,518,331</b>	<b>1,561,724</b>

## APÉNDICE B

Número de juicios	Pruebas bilaterales* Nivel de probabilidad			Pruebas unilaterales** Nivel de probabilidad		
	5%	1%	0.1%	5%	1%	0.1%
5	-	-	-	5	-	-
6	-	-	-	6	-	-
7	7	-	-	7	7	-
8	8	8	-	7	8	-
9	8	9	-	8	9	-
10	9	10	-	9	10	10
11	10	11	11	9	10	11
12	10	11	12	10	11	12
13	11	12	13	10	12	13
14	12	13	14	11	12	13
15	12	13	14	12	13	14
16	13	14	15	12	14	15
17	13	15	16	13	14	16
18	14	15	17	13	15	16
19	15	16	17	14	15	17
20	15	17	18	15	16	18
21	16	17	19	15	17	18
22	17	18	19	16	17	19
23	17	19	20	16	18	20
24	18	19	21	17	19	20
25	18	20	21	18	19	21
26	19	20	22	18	20	22
27	20	21	23	19	20	22
28	20	22	23	19	21	23
29	21	22	24	20	22	24
30	21	23	25	20	22	24
31	22	24	25	21	23	25
32	23	24	26	22	24	26
33	23	25	27	22	24	26
34	24	25	27	23	25	27
35	24	26	28	23	25	27
36	25	27	29	24	26	28
37	25	27	29	24	27	29
38	26	28	30	25	27	29
39	27	28	31	26	28	30
40	27	29	31	26	28	31
41	28	30	32	27	29	31
42	28	30	32	27	29	32
43	29	31	33	28	30	32
44	29	31	34	28	31	33
45	30	32	34	29	31	34
46	31	33	35	30	32	34
47	31	33	36	30	32	35
48	32	34	36	31	33	36
49	32	34	37	31	34	36
50	33	35	37	32	34	37
60	39	41	44	37	40	43
70	44	47	50	43	46	49
80	50	52	56	48	51	55

\* Número mínimo de juicios coincidentes necesario para establecer diferencia significativa

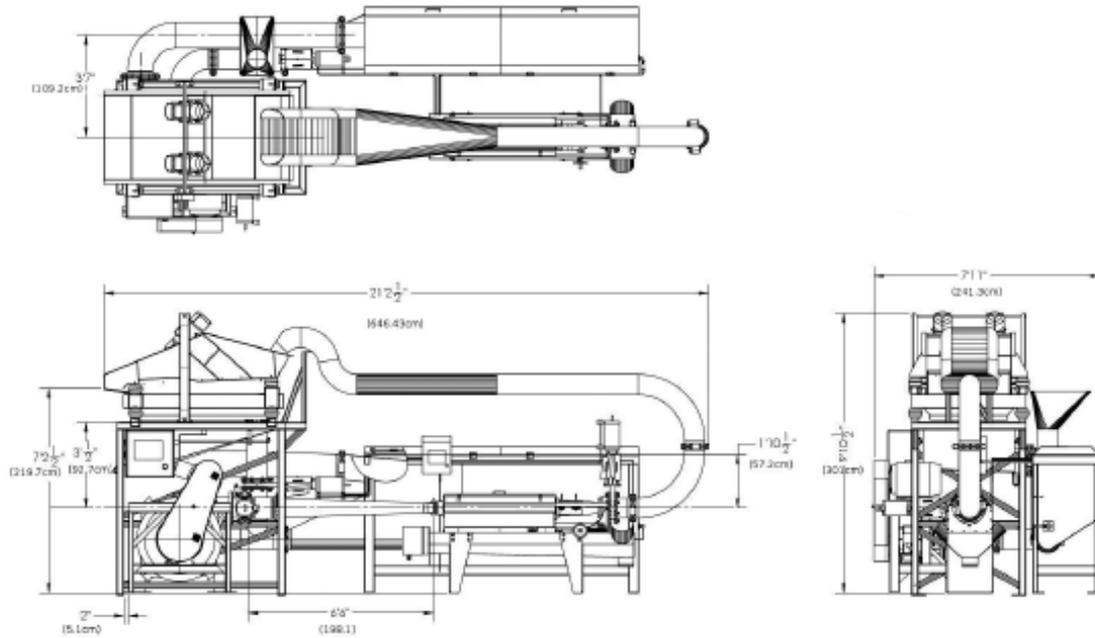
\*\* Número mínimo de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa

Fuente: Roessler y col. 1956

# APÉNDICE C

+1)

## Esquemas de dimensiones de la Línea de Hidrocortadoras Compactas



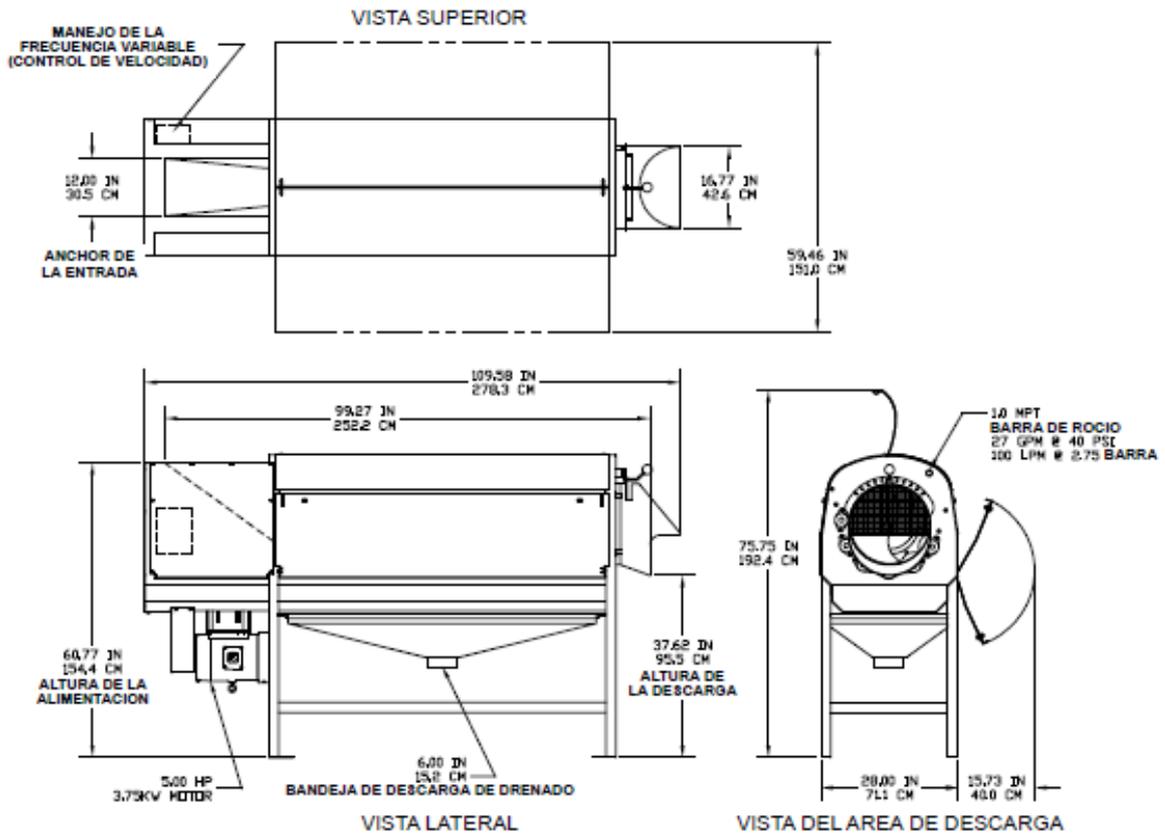
### Opciones

- PLC totalmente integrado
- Sensor de bloqueo
- Sistema de eliminación de residuos
- 10.6-20.32 cm (4-8 plug) bomba Cornell
- 2-30 motor hp
- Sistema de extracción de centro del pimiento
- Sistema de monitoréo de niveles de agua
- Válvulas neumáticas de drenaje
- Medidor de flujo

### Especificaciones

- Dimensiones..... 646.43 cm (21'2.5") Largo  
241.3 cm (7'11") Ancho  
301 cm (9'10.5") Altura

## Dibujos Dimensionales para Vanmark 2420 Peladora/Fregadora/Lavadora



### Opciones

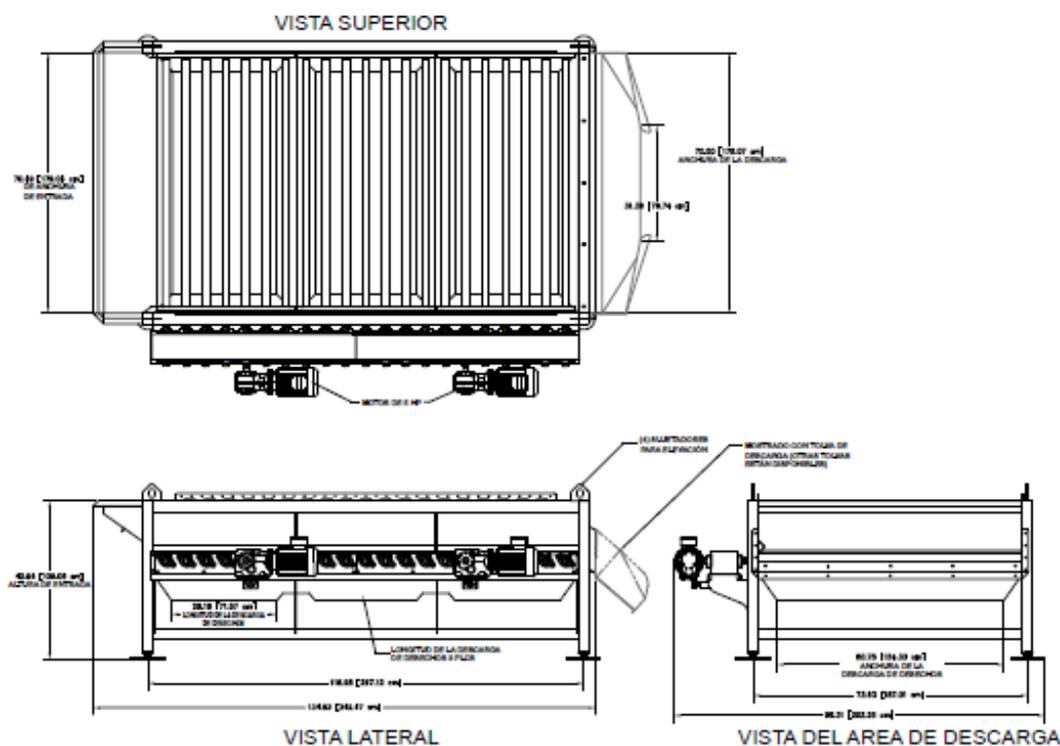
- Amplia variedad en diferentes tipos de rodillos
- Rodillos reversivos para aplicaciones especiales
- Charola de desagüe
- Tolva de Entrada
- Invertidor de controles con un solo movimiento con interruptor bloqueable
- Paquete para productos pequeños con medidas de 1.0"/2.5 cm. de diámetro

### Especificaciones

- Motor, IP55\*.....230/460 V, 3 fases., 3.75 kw (5 hp)
- Agua.....2.75 bar max (40 psi), 100 lpm (27 gpm)
- Control.....Inversor
- Velocidad de los rodillos\*.....150-450 rpm
- Dimensiones ..... 279.4 cm (110 plug.) Largo  
71 cm (28 pulg.) Ancho  
160 cm (63 plug.) Altura (aprox)
- Peso.....680 kg (1,500 lbs.) (aprox)

\*Voltaje del equipo por requerimiento.

## Dibujos Dimensionales para Vanmark 0300 Lavadora y Cepilladora Transversal



### Opciones

- La cama de proceso de 69 pulgadas cepilla efectivamente productos, como tuberculos y vegetales
- Disponible para cepillado en seco y mojado en múltiples aplicaciones. Las configuraciones de 7, 14, 21 y 28 rodillos o más son posibles
- El sistema de manejo está diseñado con la flexibilidad para proveer configuraciones de velocidades constantes o variables de acuerdo a las necesidades que el producto requiera
- En las combinaciones de 7 rodillos pueden ser manipulados de forma separada. Los equipos con controlador de frecuencia, pueden operar la velocidad de cada juego de 7 rodillos diferente o igual a los demás. Una amplia selección de tipos de rodillos están disponibles, Como cepillos, abracibos y dedos de caucho rodillos para aplicaciones húmedas o secas

### Opciones

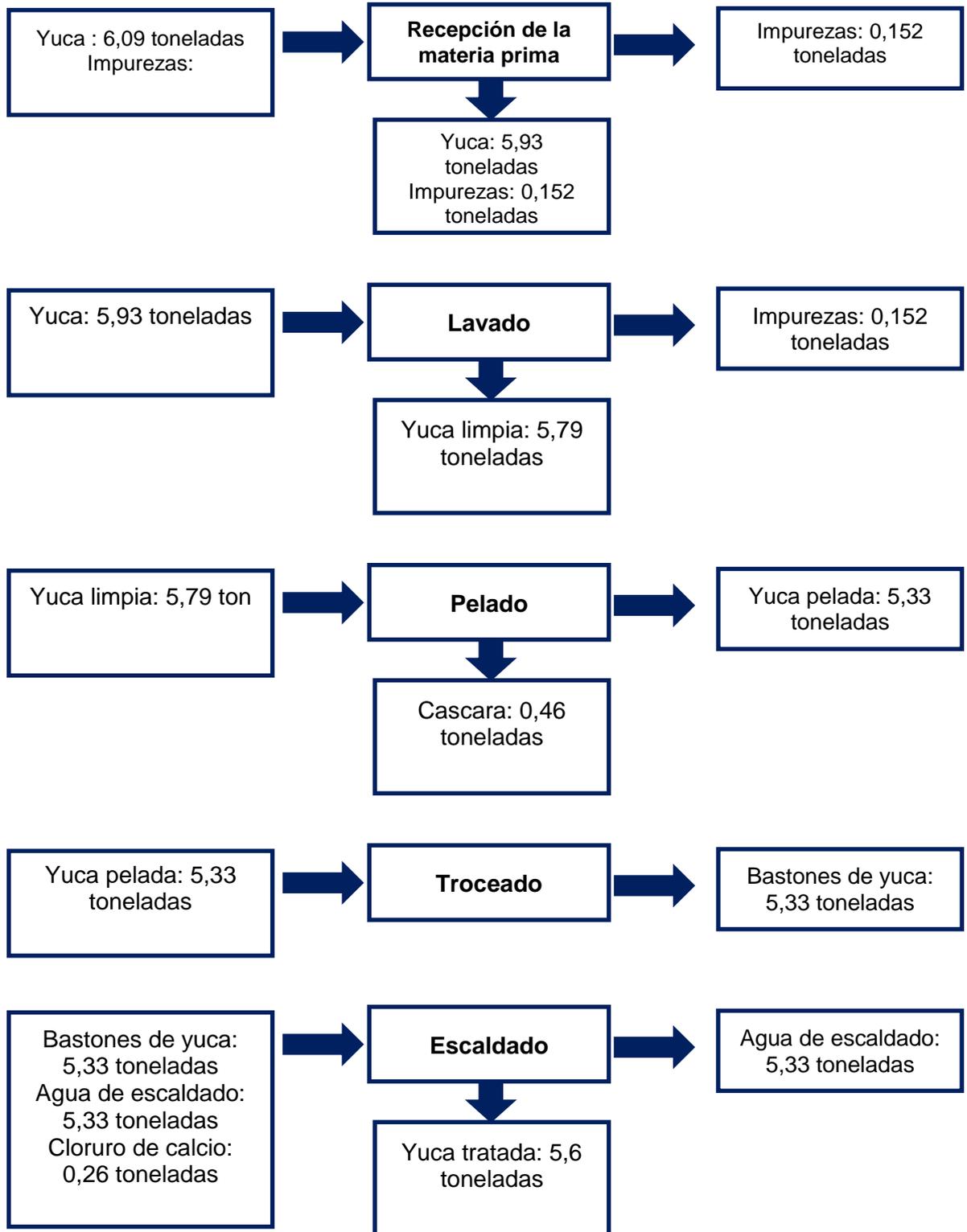
- Los especialistas de Vanmark configurarán el sistema de rodillos y las opciones que se adecuen mejor a su aplicación.

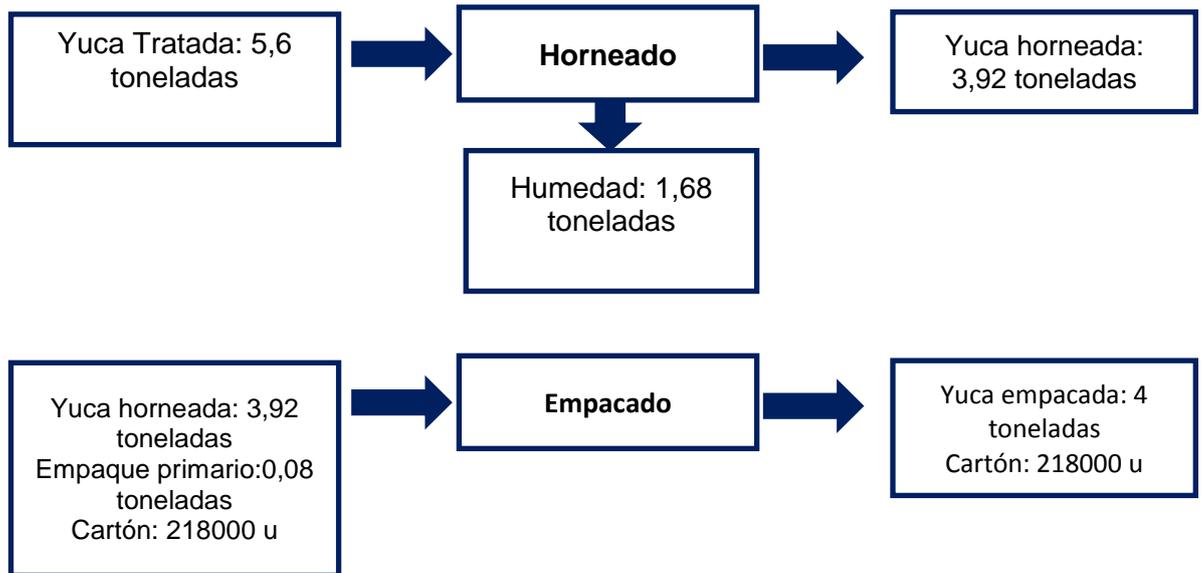
### Especificaciones

- Motor.....Voltaje Opcional, 2.2 kw\* (5 hp)
  - Control.....(inversor\* requerido)
  - Agua (Típicamente, cepillado en húmedo solamente).....75-157 lpm
  - Velocidad de los Rodillos.....100-500 rpm
  - Dimensiones (14 Rodillos).....246.38 cm (97 plug) Largo  
177.8 cm (70 plug) Ancho, 106.68 cm (42 plug) Altura
  - Peso<sup>^</sup> (14 Rodillos).....1,380.77 kg (3,000 lbs)
- \* En caso de utilizarse más de 14 rodillos, se requiere de De un controlador de frecuencia mas
- \* Controlador de frecuencia, proporcionado por el cliente o a un costo adicional

## APÉNDICE D

### Balance de materiales por etapa del proceso sustituto a la fritura de yuca





## APÉNDICE E

### Detalle de costos

#### Gastos de ventas

Presupuesto en comisión de ventas mensual	
Comisión anual	\$ 8000

Comisión del 5% en  
ventas

Presupuesto de publicidad	
Capacitaciones/mes	\$ 400
Publicidad/mes	\$ 200
Publicidad mensual	\$ 600

Gastos de ventas	
Transporte de producto mensual	\$ 1400
Comisiones mensual	\$ 8000
Publicidad mensual	\$ 600
Total	\$ 10000

#### Gastos de Administrativos

Sueldos y salarios	Costo mensual
Gerente	\$ 8000
Secretaria de Gerencia	\$ 600
Total	\$ 8600

Presupuesto de servicios básicos de la administración	
Serv. Al mes	\$ 300

Presupuesto de suministros de oficina	
suministros al mes	\$ 100,00

Presupuesto de asesorías legales	
Asesoría al mes	\$ 150,00

Presupuesto de internet y celular	
Internet y celular/mes	\$ 150,00

Presupuesto de permisos	
Permisos/mes	\$ 250,00

Presupuesto de depreciación de áreas administrativas	
Depreciación mes	\$ 300,00

Presupuesto de mantenimiento de vehículo de transporte y recolección	
Mant. Vehículo/mes	\$ 150,00

Gastos administrativos mensuales	
Sueldos y salarios	\$ 8600
Serv. Básicos	\$ 300
Suministros	\$ 100
Asesoría	\$ 150
Internet y celular	\$ 150
Permisos	\$ 250
Depreciación área adm.	\$ 300
Mant. Vehículo	\$ 150
Total	\$ 10000