



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador



facultad de
arquitectura, diseño y artes
PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTES

CARRERA DE DISEÑO

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
DISEÑADOR PROFESIONAL CON MENCIÓN EN
DISEÑO DE PRODUCTOS**

***“Diseño de divisora boleadora de masa adaptada a la
realidad del Ecuador para la incrementación de la
productividad del mercado panadero de producción mediana”***

Nombre:

Esteban Isaac Díaz Yáñez

Director:

Arquitecto Diego Hurtado

Quito, Diciembre 2017

AGRADEDIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A mis padres, que siempre han sido mi apoyo incondicional en la vida y en mi formación educativa.

A mis hermanos, porque siempre me han servido de inspiración para no desviarme de mi camino.

A mis profesores diseñadores, por su perseverancia en alentarme a lo largo de mi carrera para lograr alcanzar la excelencia.

A mis amigos, porque siempre han estado en los buenos y malos momentos para ayudarme a mantener la frente en alto.

A Proba, por permitirme laborar junto a ellos en la realización de mi proyecto y brindarme el mayor apoyo para el desarrollo del mismo.

A mi Director, Diego Hurtado, por su guía para llegar al mejor resultado en mi proyecto de tesis.

I.	Tema	1
II.	Resumen.....	1
III.	Introducción.....	2
IV.	Justificación	2
V.	Diagnóstico.....	4
VI.	Objetivos.....	5
	a. Objetivo general.....	5
	b. Objetivos específicos.....	6
VII.	Marco teórico.....	6
	1. Mensaje de los objetos	6
	1.1 <i>Interfaces hombre - máquina</i>	6
	2. La ergonomía aplicada.....	7
	2.1 <i>Biomecánica</i>	8
	2.2 <i>Antropometría</i>	8
	3. Teorías del capital de Marx: magnitud del valor, tiempo de trabajo socialmente necesario.....	9
VIII.	Marco metodológico.....	9
	1. Diseño centrado en el usuario (DCU)	10
	2. Pensamiento analógico por modelos (PAM).....	10
IX.	Síntesis de Capítulos	11
	A. Capítulo 1: Investigación y definición de los requisitos del proyecto. 11	
	B. Capítulo 2: Desarrollo del proyecto de diseño	12
	C. Capítulo 3: Detalles constructivos y validación.....	12
	Capítulo 1	12
	Investigación y definición de los requisitos del proyecto	12
	1.1 Investigación	12
	1.1.1 <i>Antecedentes</i>	12
	1.1.1.1 <i>Requerimientos iniciales del comitente</i>	12

1.1.1.2	Contextualización.....	12
1.1.1.2.1	Identidad de Proba	13
1.1.1.3	Usuarios involucrados	15
1.1.1.3.1	Panaderías.....	15
1.1.1.3.2	Panaderos.....	15
1.1.1.4	Referente de divisora boleadora.....	16
1.2	Especificaciones del diseño del proyecto.....	20
1.2.1	Investigación de necesidades de los usuarios	20
1.2.1.1	Usuario directo con divisora boleadora	21
1.2.1.2	Usuario directo sin divisora boleadora.....	22
1.2.1.3	Usuario indirecto.....	23
1.2.1.4	Usuario Experto.....	23
1.2.1.5	Usuario extremo	23
1.2.2	Condiciones ergonómicas implicadas en el proceso de división y boleado manual	24
1.2.2.1	Patrones funcionales y disposiciones de la mano	24
1.2.2.2	Medidas antropométricas incidentes en el proceso de división y boleado	27
1.2.2.2.1	Dimensiones estructurales del cuerpo	28
1.2.2.2.2	Dimensiones funcionales del cuerpo.....	28
1.2.2.2.3	Dimensiones de la mano	29
1.2.2.3	Movimientos articulatorios y posiciones que demanda el proceso de división y boleado	30
1.2.2.3.1	Movimientos articulatorios de los hombros.....	30
1.2.2.3.2	Movimiento articulatorio de los codos.....	31
1.2.2.3.3	Movimientos articulatorios de las muñecas.....	31
1.2.2.3.4	Movimiento articulatorio de la cabeza	32
1.2.2.4	Posturas en el espacio de trabajo	32
1.2.2.5	Movimientos musculares.....	34

1.2.3	Requisitos de la maquinaria para procesado alimenticio	35
1.2.4	Problemática	37
1.2.5	Definición de las necesidades de los usuarios	40
1.2.6	Requerimientos de los usuarios	40
1.2.6.1	Requerimientos principales	41
1.2.7	Requisitos del proyecto	42
1.2.7.1	Producto	42
1.2.7.2	Público Objetivo	43
1.2.7.3	Especificaciones del diseño de producto	44
Capítulo 2		45
Desarrollo del proyecto de diseño		45
2.1	Diseño del concepto	45
2.1.3	Correspondencia de modelos analógicos	46
2.1.3.1	Analogías para el proceso de división	46
2.1.3.2	Analogías para el proceso de boleo	47
2.1.4	Decodificación de las analogías	49
2.1.4.1	Deconstrucción de analogías del proceso de división	49
2.1.4.2	Deconstrucción de analogías del proceso de boleado	51
2.1.5	Interpretación de conceptos	53
2.1.6	Abstracción del concepto de diseño	54
2.1.6.1	Traslado mimético	54
2.1.6.2	Tipologación	61
2.1.6.2.1	Referencias tipológicas	61
2.1.6.2.1.1	Análisis de divisora boleadora de banda lineal	63
2.1.6.2.2	Tipologación formal	67
2.1.7	Concepto de diseño	70
2.2	Desarrollo del diseño	71
2.2.3	Modelos formales	71

3.1.5.3	<i>Detalles y mecanismos de los elementos para el proceso de boleado</i>	115
3.1.5.3.1	<i>Divisor boleador para la función de bolear</i>	115
3.1.5.4	<i>Especificaciones de fabricación de las piezas</i>	122
3.1.5.4.1	<i>Corte de piezas en acero inoxidable</i>	122
3.1.5.4.2	<i>Corte de piezas en Grilon</i>	127
3.2	Validación final de la propuesta de diseño	133
3.2.1	Confrontación con los requerimientos del comitente	134
3.2.2	Confrontación con los requerimientos de los usuarios	135
3.3	Costos del proyecto	138
3.3.1	Costo de producción	138
3.3.2	Costos de diseño	141
X.	Conclusiones y recomendaciones	142
XI.	Bibliografía	143
XII.	Anexos	147
XIII.	Índice de figuras	153

I. Tema

Diseño de divisora boleadora de masa adaptada a la realidad del Ecuador para la incrementación de la productividad del mercado panadero de producción mediana.

II. Resumen

En el Ecuador y en todo el mundo uno de los comercios del sector alimenticio que jamás decaerá es el de las panaderías, ya que el pan es uno de los principales alimentos en los hogares, sin importar el estrato social. Para iniciar con un negocio de panadería que tiene expectativas de crecimiento productivo se debe analizar el target al que va dirigido, ya que en base a esta premisa se hará una proyección del capital necesario para la adquisición de equipos y maquinarias con capacidades ideales para cubrir la demanda de producción.

El presente proyecto se fundamenta en el diseño de una máquina nacional a petición de Proba, la cual es una empresa que desde hace varios años se ha encargado de la importación de maquinaria para la industria alimenticia, en donde las panaderías son sus principales clientes. La filosofía de Proba es ofertar siempre la mejor calidad en sus equipos, lo cual es directamente proporcional a los costos de venta al público; esto quiere decir, que los equipos que la empresa importa son medianamente costosos y por tal razón la mayoría de las panaderías de producción mediana del Ecuador no cuentan con todos los equipos de buena calidad necesarios, principalmente con las boleadoras divisoras, que son máquinas encargadas de dividir la masa de pan en secciones iguales y elaborar bolas de igual volumen.

Desde la posición del estudiante de la carrera de diseño de productos se intenta demostrar que una acción simple como el de la división y boleado de la masa de pan, que el panadero realiza manualmente, puede ser reemplazada a través de la fabricación de una máquina sencilla; por lo cual se ha desarrollado una divisora boleadora manual, sin la necesidad de ir al extremo de crear una boleadora divisora de grandes magnitudes, pesos y costos elevados, como las que existen en el mercado. Una máquina manual permite que el usuario sea quien provea la fuerza y el control de esta, y en este caso se busca que la máquina se relacione con el panadero de manera que lo perciba como una extensión de sus capacidades humanas que permitirá mejorar su rendimiento laboral.

El proyecto se divide en tres partes: 1) **la investigación**, en la que se analizarán las necesidades de los usuarios y recopilarán todos los problemas encontrados dentro del contexto para lograr determinar los requisitos específicos del proyecto. 2) **El desarrollo**, en este punto se realizará un proceso creativo para configurar un producto de diseño que reemplace a la acción de división y boleado manual. 3) **La validación**, en la que se definirá los detalles constructivos y se validará mediante pruebas con el panadero y confrontación con los requerimientos de los usuarios involucrados.

III. Introducción

Con la visión de industrializar el negocio del pan, una panadería tradicional de Quito ve la necesidad de incorporar a sus procesos de fabricación una línea automatizada de procedencia europea. Así se da cuenta de que en Ecuador hacía falta una empresa de asesoría en equipos y maquinaria destinada exclusivamente a la panificación.

Proba es una mediana empresa ubicada en Quito, Ecuador que se dedica a la importación y comercialización directa de equipos de panadería y maquinaria de última tecnología para el sector alimenticio del país, en especial para la zona Sierra. Nace en 1998, y con representaciones de empresas mayormente europeas fabricantes de hornos, amasadoras, formadoras, divisoras boleadoras, etc., se direcciona a ser una empresa que pudiera satisfacer el creciente mercado de la panadería y pastelería para ayudar a incrementar la producción de dichos negocios y brindar una mayor accesibilidad a tecnologías extranjeras de alto reconocimiento por su calidad.

Su visión es llegar a posicionar a la empresa como principal proveedor de equipos para la industria de la panificación en nuestro país, brindando al panadero pequeño, mediano y grande las mejores soluciones para su industria a través de tecnología e innovación en maquinaria, y su misión es apoyar al éxito de sus clientes suministrando maquinaria, servicios y capacitación de calidad que promuevan el crecimiento de sus negocios basados en un ambiente de responsabilidad y honestidad que les permita el mutuo crecimiento.

Con el desarrollo del presente proyecto se pretende diseñar una divisora boleadora de buena calidad, con una innovación tal que permita incrementar la productividad de los panaderos y reducir las pérdidas económicas al final del día con el consecuente incremento de la rentabilidad de las panaderías.

IV. Justificación

En el ámbito de la panadería una de las etapas más arduas en el proceso de producción del pan es el de dividir y bolear la masa; este proceso se realiza de manera manual y consiste en tomar pequeñas porciones de masa en cada mano y frotarlas en forma circular sobre una mesa de trabajo para que tomen la forma de bolas, lo que toma aproximadamente entre 2 y 5 segundos para elaborar dos bolas de masa, dependiendo de la rapidez de cada panadero.

Para reemplazar el proceso manual de división y boleado existen diversos modelos de máquinas llamadas divisoras boleadoras, que permiten optimizar el control de rendimiento de la masa al dividir y generar bolas perfectas en menor tiempo; estas máquinas son importadas al Ecuador desde Europa y otros países de América como Brasil, cuyo precio oscila entre 9.000 a 14.000 dólares dentro del país, dependiendo si es automática o semiautomática, el cual es un costo muy elevado para una panadería de producción mediana. Es importante mencionar que una panadería de producción pequeña (produce menos de 100 kg de harina por día) no requiere de este tipo de equipo, ya que, por su reducida producción un panadero puede elaborar a mano las bolas de pan sin mayor esfuerzo y lógicamente no consideran necesaria una inversión en este tipo de máquinas.

A parte del factor precio, otro gran problema que ha traído el importar para Ecuador las boleadoras divisoras es que estas máquinas están adaptadas a la realidad europea, y el percentil latino es muy distinto. El mercado al cual se ha enfocado este proyecto tiene una capacidad económica limitada para adquirir una divisora boleadora importada, situación que lamentablemente ha traído distintos problemas de salud ocupacional al panadero, entre estos el síndrome de túnel carpiano que es generado por el movimiento repetitivo y de larga duración en el momento de bolear la masa. Considerando que alrededor del 70% del pan es redondo y que aproximadamente el proceso de su elaboración antes de ingresar al horno dura de 1 a 2 horas entre amasar, bolear y labrar el pan, dependiendo de la cantidad de producción, el bolear requiere un 30% del tiempo total de la elaboración del pan y en la mayoría de los casos un panadero tiene que levantarse a tempranas horas de la madrugada para empezar con el proceso de producción de las ventas de la mañana, que es el momento más crítico del día. Como consecuencia a la falta de descanso, la fatiga mental y el desequilibrio en el reloj biológico de los panaderos se ve perjudicada considerablemente su salud.

De esta manera se ha visto la oportunidad de diseñar una divisora boleadora que responda a las necesidades de los panaderos ecuatorianos y que se adapte a realidad nacional de las panaderías de producción mediana en términos económicos.

“Amparo Yáñez, Gerente de Proba, declaro que existe un gran mercado panadero de producción mediana en Quito que son los que producen entre 1 y 3 quintales de harina, es decir entre 1300 y 4000 panes diarios aproximadamente; para que una panadería produzca más que esta cantidad necesitan de equipos más industrializados. Alrededor del 80% de las panaderías de producción mediana de Quito y Ambato, que son los principales clientes de Proba (en Quito existen cerca de 2500 panaderías medianas y en Ambato 2000), necesitan una divisora boleadora más accesible y que satisfaga sus exigencias” (A. Yáñez, comunicación personal, 15 de febrero de 2016).

Reemplazar o competir con máquinas ya existentes en el mercado es un tema que no le corresponde únicamente a la disciplina de diseño, por lo cual con el proyecto se tratará de llegar al mayor acercamiento posible de la creación de un objeto que pueda cumplir con todos los requerimientos que la empresa Proba ha establecido. La realización de la divisora boleadora con un enfoque único desde la visión del diseño de productos ayudará en la configuración de un objeto que se adapte a la realidad del país, aportando en términos de ergonomía, innovación, usabilidad, manipulación, mantenimientos, interfaces, etc., lo que traerá como principales beneficios a los usuarios involucrados aportes como el mejoramiento de las condiciones de trabajo de los panaderos y la elaboración con mayor exactitud de las bolas de masa de pan para que no hayan pérdidas económicas al final del día.

Además la innovación en el diseño aportará en la búsqueda de la mejor opción en procesos de fabricación del objeto para reducir los costos de producción y por tanto disminuir los precios de venta al público, manteniendo o mejorando el proceso de funcionamiento que tienen las divisoras boleadoras que Proba importa actualmente, las mismas que demoran entre 1 y 2 minutos en elaborar de 30 a 36 bolas de manera más higiénica que el proceso manual.

Por otro lado, mi motivación personal al escoger este tipo de proyecto es demostrar a la industria ecuatoriana, en este caso tomando como comitente a Proba, que el aporte del diseño de productos dentro de los procesos de fabricación de un nuevo objeto es el paso necesario y más importante que tiene que dar la producción nacional para ofertar productos de calidad, para que en un futuro el Ecuador pueda llegar a ser competitivo en mercados internacionales. Como estudiante universitario, considero que el diseño de un objeto para la industria panadera es de gran interés ya que mi meta a corto plazo es la especialización en diseño de ingeniería industrial, por lo cual esta investigación ha enriquecido mi conocimiento sobre este tema.

V. Diagnóstico

El objetivo principal de Proba, es satisfacer las necesidades de su principal mercado con equipos de alta calidad y con excelencia en servicios técnicos y post venta; para esto aún hace falta dar prioridad al nicho de mercado de producción mediana en el proceso de división y boleado.

Actualmente Proba es representante exclusivo de fabricantes de maquinaria para la industria alimenticia en general procedentes de Perú, Brasil, E.E.U.U, Italia y Portugal, y se especializa en equipos de panadería, que es su principal rubro de ventas. Proba tiene la misión de apoyar a sus clientes con asesoría en los procesos productivos para lograr elevar la eficiencia y calidad de sus productos, pero en los últimos años los costos de importación han subido de manera que han afectado las ventas de Proba, y las divisoras boleadoras se han convertido aún menos accesibles para el sector panadero de producción mediana.

Proba posee una gran experiencia de 19 años en importar maquinaria y repuestos para la producción alimenticia, y cuenta con empleados capacitados en la instalación y mantenimiento de los equipos para panadería ya que tiene un buen programa de entrenamiento; por lo tanto los empleados técnicos conocen cada detalle de los mecanismos y tecnología que usan los fabricantes a quienes representan en Ecuador, a diferencia de sus competidores fabricantes de maquinaria nacional que no tienen la capacitación adecuada. El poco conocimiento de la competencia nacional de los procesos de la panadería y función de máquinas de alta calidad genera una ventaja en Proba para que se pueda comercializar a gran escala las divisoras boleadoras.

La tecnología utilizada en las divisoras boleadoras que Proba importa de Portugal se puede lograr en el país, pero la empresa es consciente del alto costo que esto implicaría, por lo que consideran que el aporte del diseño de productos puede ayudar en la investigación para llegar a un resultado sustentable y sostenible de una máquina que se ajusten a las necesidades tanto de los usuarios como a sus propias necesidades económicas como empresa.

VI. Objetivos

a. Objetivo general

Diseñar una divisora boleadora de masa de pan con tecnología accesible en el país que se adapte a las necesidades de los panaderos ecuatorianos e innovar en la usabilidad del objeto para disminuir los precios de venta al público, para de esta manera lograr cubrir con la demanda de la industria panadera de producción mediana.

b. Objetivos específicos

- a) Investigar sobre las necesidades de los usuarios, requisitos de la maquinaria para la industria alimenticia y condiciones ergonómicas que implica el proceso de división y boleado manual.
- b) Diseñar un objeto que permita dividir la masa en porciones iguales y elaborar bolas con facilidad.
- c) Presentar los detalles constructivos del objeto de diseño y validarlo mediante un test y una confrontación con los requerimientos de los usuarios involucrados.

VII. Marco teórico

El marco teórico en el que se basa el presente trabajo de investigación pretende sustentar varios de los criterios generados en el desarrollo del proyecto con fundamentos específicos.

1. Mensaje de los objetos

El mensaje en los objetos es un grupo finito y ordenado de elementos de percepción (sistema morfológico) extraídos de un repertorio y ensamblados en un sistema estructural (cultura/identificación sociocultural). Los elementos de esta estructura se definen por las propiedades del receptor (contexto/memoria cultural) y funcionan como signos (aprendizaje/memoria/conocimiento). (Pineda, Sánchez, y Amariles, 2006, p.7)

Pineda et al. (2006) también afirman que:

Es posible definir el mensaje de los objetos en dos condiciones signícas, la primaria que refiere a únicamente evidencia la función del objeto y que no contempla la parte contextual, y la secundaria que se enfoca en las características signícas en el entorno cultural, donde la significación es intencionada. (p.7)

Con la intención de no desviarse del contexto hacia el que se ha dirigido el proyecto, es necesario tomar en cuenta que se está diseñando un producto para una línea industrial, por lo que se deberán considerar las características formales estéticas de modo que se innove con una orientación perceptiva del objeto hacia el contexto de los equipos industriales de panadería; y también se deberá analizar cómo percibirá el usuario al objeto de diseño.

1.1 Interfaces hombre - máquina

Las interfaces posibilitan la actuación en el diseño de espacios, máquinas y herramientas que configuran el entorno de la persona, que no es otra cosa que los medios que este utiliza para comunicarse o satisfacer necesidades en el trabajo. El conjunto de útiles, mecanismo, y el usuario, forman una unidad que podemos definir y analizar como un sistema persona-

maquina; estos sistemas se pueden clasificar en manuales, mecánicos y automáticos. (Móndelo, 1994, p.29).

Las expectativas del proyecto son de pasar de un sistema semiautomático (divisoras boleadoras importadas) a un sistema manual.; según McCornick Huchingson (1970), “existen tres tipos de sistemas hombre-máquina: manual, semiautomático y automático. En el sistema semiautomático el usuario interviene aportando una cantidad limitada de energía, y en el sistema manual el usuario aporta toda su energía para el funcionamiento de la máquina.” (p.140).



Figura 1: Sistema hombre-máquina manual (McCornick Huchingson)



Figura 2: Sistema hombre-máquina semiautomático (McCornick Huchingson)

2. La ergonomía aplicada

La ergonomía según la asociación internacional de ergonomía puede dividirse en varias tipologías. Para el proyecto siguiente se utilizará fundamentalmente el concepto de “la ergonomía aplicada”, la cual será enfocada únicamente al diseño del objeto puesto que se requiere determinar factores determinantes para la configuración correcta del diseño.

La ergonomía aplicada significa buscar alternativas en el diseño de trabajo que eviten la fatiga y el agotamiento del trabajador, con el objeto de promover la productividad humana (...), es por tanto un enfoque interdisciplinario de investigadores y médicos de muy diversos campos unidos por el mismo objetivo, y parte de una base general para una concepción moderna de la salud y seguridad en el trabajo (UNESCO, 1992).

Por tanto este concepto tiene lugar en el proyecto ya que se busca evitar gastos y pérdidas de dinero dentro de la panadería por retardos de producción, y ayudar al

panadero en su labor diaria con la prevención de futuros problemas de salud para incrementar su eficiencia en la actividad laboral. Se analizarán aspectos como la actividad física general, posturas de trabajo y movimientos para comprender a qué condiciones se somete el panadero al realizar el proceso de división y boleado manual y finalmente determinar qué factores morfológicos y de uso deberá tener el objeto de diseño para no ocasionar posibles malestares al panadero.

No cabe duda que en el proyecto se tocará el concepto de salud ocupacional, pero no se analizará como tal ya que el problema de su aplicación en este proyecto surge en que este concepto no se puede medir directamente, y no existen datos cuantificados sobre los problemas de salud que conlleva la panadería; para lograr obtener estos datos se requieren de estudios globales de largo plazo que cubran poblaciones grandes.

2.1 Biomecánica

“La biomecánica es una disciplina que se encarga del estudio del cuerpo, como si este se tratara simplemente de un sistema mecánico: todas las partes del cuerpo se comparan con estructuras mecánicas y se estudian como tales.” (Lauring y Vedder, 1998, p29.35).

Conocer los mecanismos del cuerpo aportará en el análisis de los movimientos de las manos y brazos que usa el panadero cuando realiza el proceso de boleado manualmente y los posibles movimientos y mecanismos con los que se podrá trabajar en el diseño.

Lauring y Vedder también manifiestan que “cuando se estudia la salud en el trabajo, la biomecánica ayuda a entender porque algunas tareas provocan daños o enfermedades. Algunos de los efectos adversos sobre la salud son la tensión muscular, los problemas de articulaciones o los problemas de espalda y la fatiga” (p29.35).

2.2 Antropometría

La antropometría se encarga del aspecto cuantitativo de la antropología física. Lauring y Vedder (1998) afirman que:

En el campo de la salud y seguridad en el trabajo y de la ergonomía, los sistemas antropométricos se relacionan principalmente con la estructura, composición y constitución corporal y con las dimensiones del cuerpo humano en relación con las dimensiones del lugar de trabajo, las máquinas, el entorno industrial y la ropa. (p.29.26).

3. Teorías del capital de Marx: magnitud del valor, tiempo de trabajo socialmente necesario.

La panadería es una ardua tarea que exige una labor física intensa por parte del panadero, ya que se requiere muchas horas de trabajo continuo que desgastan el rendimiento del hombre; es decir que la elaboración del pan implica un gasto de fuerza humana de trabajo o un desgaste del organismo del hombre, lo que revela que la mercancía (pan en este caso) en su producción ha gastado y ha acumulado una fuerza de trabajo.

Según Marx (2010):

La sustancia del valor es el trabajo. La medida de la cantidad de valor es la cantidad de trabajo, que a su vez se mide por la duración, ósea por el tiempo de trabajo. El tiempo de trabajo que determina el valor de un producto es el tiempo socialmente necesario para producirlo; mejor dicho, el tiempo necesario, no en un caso particular, sino considerando como término medio; esto es: el tiempo que exige un trabajo ejecutado conforme el grado medio de habilidad y de intensidad y en las condiciones ordinarias con respecto al medio social convenido. (p.16).

Por tanto los costos para la elaboración del pan en las panaderías medianas que no cuentan con todos los mismos equipos que una panadería grande deberían ser más altos tomando en cuenta el desgaste físico, la cantidad de trabajo acumulado y el tiempo que conlleva el acto de la panadería, pero ya no sería competitivo en el mercado si los precios de venta al público aumentaran; por tanto una panadería mediana debe mantenerse en los precios que el mercado establece.

De esta manera la aplicación de la teoría del capital compete en la realización del proyecto puesto que a beneficio de los usuarios dueños de panaderías se tratará de maximizar la productividad del panadero, ayudándolo en los tiempos de elaboración del pan, desgastes físicos, y en la reducción de errores humanos de división de la masa; lo cual repercute en las ganancias económicas ya que habiendo exactitud en la cantidad de panes por quintales de harina utilizados no habrá variantes de disminución de panes elaborados por día.

VIII. Marco metodológico

Las metodologías que se usarán en el proyecto serán: el diseño centrado en el usuario, la cual será la base principal del desarrollo del proyecto, y el pensamiento analógico por modelos, que ayudará en la definición del concepto de diseño.

1. Diseño centrado en el usuario (DCU)

“Una teoría basada en las necesidades y los intereses del usuario, con especial hincapié en hacer que los productos sean utilizables y comprensibles.”(Norman, 1990, p, 232).

Norman (1990) dice también que:

El diseño debería asegurar que el usuario pueda imaginar lo que ha de hacer, y que pueda saber lo que está pasando. El diseño debe utilizar las propiedades naturales de la gente y del mundo: debe explorar las relaciones naturales y las limitaciones naturales. En medida de lo posible, debe funcionar sin instrucciones ni etiquetas, (...) la gente aprende mejor y se siente más cómoda cuando el conocimiento necesario para una tarea está disponible externamente: sea de forma explícita en el mundo o porque se puede derivar fácilmente mediante limitaciones. (p.233).

Esto quiere decir que el DCU tiene como objetivo principal situar al usuario en el centro e incluirlo en todas las etapas del diseño, para orientar estratégicamente la planificación, el diseño y el desarrollo de un producto adecuado a sus necesidades. Esta metodología puede ayudar a mejorar la usabilidad de los objetos de diseño.

La norma ISO 13407: *Human-centered design process for interactive system*, dicta que el principal ciclo de trabajo del proceso está constituido por cuatro actividades a realizar de manera cíclica, las cuales son:

- a) **Especificación del contexto de uso:** identificación de las personas que utilizarán el producto y bajo qué condiciones.
- b) **Especificación de requisitos:** Identificación de las necesidades de los usuarios, así como de requisitos de uso del producto.
- c) **Creación y desarrollo de soluciones de diseño:** A partir de la información recogida se llevan a cabo los diseños.
- d) **Evaluación de los diseños:** Se evalúan los diseños teniendo en cuenta las personas que habrán de utilizarlos, así como los requisitos y el contexto de uso.

En cada una de las etapas de trabajo que propone el diseño centrado en el usuario se puede hacer uso de diferentes métodos y técnicas para conseguir los objetivos y generar los resultados esperados. (Mor, s.f., p.6).

Esta metodología es pertinente en el proyecto puesto que se requiere obtener un desarrollo eficiente del producto con la generación de una usabilidad que permita abaratar costos, mejorar la experiencia del usuario y satisfacer todas sus necesidades, e incrementar la productividad de los panaderos y de las panaderías.

2. Pensamiento analógico por modelos (PAM)

Puesto que se pretende buscar un nuevo sistema de división y boleo que permita reemplazar a los ya existentes, el concepto del proyecto se respaldará con la

investigación de *analogías*¹; por lo cual se utilizará la herramienta de investigación del Pensamiento analógico por modelos (PAM).

Es un tipo de pensamiento analógico con capacidad pedagógica que permite que el diseñador logre interpretar y abstraer conceptos de referentes existentes en el universo natural, artificial y cultural, para después de su previo análisis se pueda relacionar con el objeto a diseñar y sirvan para lograr una solución más creativa y un concepto innovador. (Sánchez, 2006, p.42).

Los parámetros metodológicos que se utilizarán para el desarrollo de la investigación son:

a) **Corresponder**

Se seleccionarán los modelos analógicos para el proceso de boleo y de división que sean pertinentes para el proyecto.

b) **Decodificar**

Se realizará una deconstrucción de los elementos físicos, morfológicos y relacionales de los modelos analógicos para comprender su comportamiento.

c) **Interpretar**

Se generará un análisis relativo entre los conceptos interpretados de las analogías analizadas y lo que se propone.

d) **Abstraer**

Se sumirá una posición crítica frente a lo que analiza para proponer las pautas del concepto final y orientar el proyecto.

e) **Desarrollar el concepto de diseño**

Se generará el criterio final para representarse como una morfología, es decir aquí se realizará un proceso a través del cual se desarrolla lo que será la genética del objeto.

IX. Síntesis de Capítulos

A. Capítulo 1: Investigación y definición de los requisitos del proyecto

Proceso de investigación y recopilación de datos necesarios para la inmersión dentro del problema, conjuntamente con la intervención de todos los usuarios involucrados para determinar los requisitos del proyecto.

¹ Grado de correlación, establecido por el pensamiento, entre dos calidades con susceptibilidad comparativa, no sólo por sus atributos, sino también por sus parámetros de relación y la intencionalidad comunicativa que se tenga.

B. Capítulo 2: Desarrollo del proyecto de diseño

Empleo de toda la información recolectada como guía para el desarrollo del concepto que tendrá el producto para representarse con una morfología innovadora.

C. Capítulo 3: Detalles constructivos y validación

Etapa de verificación del correcto desenvolvimiento del producto de diseño con el usuario mediante un test para concluir con el desarrollo técnico del objeto de diseño, y finalmente enfrentarlo con todos los requerimientos establecidos.

Capítulo 1

Investigación y definición de los requisitos del proyecto

1.1 Investigación

1.1.1 Antecedentes

1.1.1.1 Requerimientos iniciales del comitente

El requerimiento principal de Proba es la fabricación de una divisora boleadora nacional de buena calidad, más económica que la máquina que la empresa importa de modo que logre ser accesible al mercado panadero de producción mediana, que lleve una estética adecuada al tipo de equipos que Proba oferta y que se acople a las necesidades inmediatas de los panaderos del Ecuador.

Por tanto Proba solicita que para lograr determinar las necesidades de los usuarios es de suma importancia analizar qué problemas tiene la divisora boleadora que importan, por la cual no ha sido aceptado en las panaderías de producción mediana según sus propios criterios, y encontrar nuevos problemas que los usuarios manifiesten para solucionarlos dentro de la nueva propuesta de diseño de la divisora boleadora.

1.1.1.2 Contextualización

En el país ha sido difícil producir divisoras boleadoras por parte de empresas que fabrican máquinas para la producción alimenticia debido al desconocimiento de la contribución que tiene el diseño en los procesos de fabricación, y por lo tanto gran parte de la oferta nacional que se tiene en otros equipos para la industria alimenticia son de mala calidad. En esta industria hay baja demanda de equipos elaborados dentro del país por la desconfianza que se ha generado a los largo de los años de la producción

nacional, pero gracias a las políticas de buen servicio y calidad en los productos que Proba ofrece se puede generar seguridad en los clientes para lograr una aceptación y buena entrada en el mercado de una divisora boleadora nacional.

Proba tiene dos competencias de empresas que también importan maquinaria para la industria alimenticia dentro de la ciudad, las cuales son: Termalimex y Adeucarpi; pero a pesar de ser importadores ninguno de estos vende divisoras boleadoras para pan, por lo cual Proba abarca todo el mercado nacional en estos equipos. La empresa mantiene relaciones con fabricantes de accesorios para la industria panadera en materiales como aceros, polímeros, plásticos y varios materiales de alta calidad, y también un personal capacitado en ventas y mantenimientos de divisoras boleadoras; por lo cual la empresa tiene suficiente potencial para lograr fabricar esta máquina con el apoyo del diseño de productos y lograr sus objetivos.

Para demostrar de manera más objetiva la situación actual de Proba se ha realizado la siguiente matriz FODA:

<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notoriedad de la alta calidad de productos ofertados • Elevada noción de máquinas de gama alta • Personal capacitado con gran experiencia • Alta fidelización de sus clientes 	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poca experiencia en fabricación de máquinas • Costos unitarios posiblemente elevados • Escasos equipos dentro de la empresa para fabricación de elementos de la máquina.
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mercado no abastecido • No existe competencia directa de divisoras boleadoras • Utilización de nuevas estrategias de venta • Posibilidad de establecer alianzas estratégicas 	<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desconfianza de la producción nacional • fabricaciones de componentes dentro del país posiblemente más costoso que otros países • Necesidad de otras disciplinas para la fabricación de una máquina competitiva

Figura 3: Matriz FODA

1.1.1.2.1 Identidad de Proba

Proba se ha posicionado en el mercado gracias a su excelente servicio y alta calidad en los productos importados que oferta, por tanto cualquier equipo que se desee introducir al mercado debe mantener la misma calidad estética y funcional que la empresa ha mantenido durante varios años. Proba mantiene alianzas con marcas internacionales de gran prestigio en la industria panadera como son: Nova, Fernetto y Mimac [véase fig.4, 5, 6].



Figura 4: Equipos Nova. Copyright (s.f) por Nova



Figura 5: Equipos Fernetto. Copyright 2013 por Fernetto



Figura 6: Equipos Mimac. Copyright (s.f) por Mimac

1.1.1.3 *Usuarios involucrados*

Se han determinado dos tipos de usuarios en la toma de decisiones de compra de equipos para las panaderías, que son los clientes del comitente (Panaderías) y los usuarios operarios que interactúan directamente con la divisora boleadora (panaderos).

1.1.1.3.1 *Panaderías*

Las panaderías involucradas dentro del proyecto son cerca del 80% de Quito y Ambato, las cuales tienen una producción mediana y carecen de divisoras boleadoras debido a los costos elevados que se ofrecen en el mercado, lo que influye en la productividad de sus negocios ya que no pueden incrementar su nivel de elaboración de panes por día y que conlleva al incremento del número de empleados panaderos para cubrir la demanda de un mercado mayor.

1.1.1.3.2 *Panaderos*

Los panaderos son los empleados de las panaderías, encargados de la realización de todos los procesos para la elaboración del pan y de igual manera son los operarios de todas las máquinas, muchas veces el dueño de la panadería es el mismo panadero y cuando esto sucede existe la conciencia del sacrificio y circunstancias poco confortables que presenta el ámbito de la panadería; cuando no existe esta casualidad, para reducir gastos los dueños de las panaderías prefieren sacrificar la salud de sus panaderos y mantenerlos desde tempranas horas de la madrugada laborando y

realizando el proceso de división y boleado de manera manual para cubrir con la demanda de panes diarios que se necesiten elaborar, sin tomar en cuenta que esto perjudica el nivel de productividad de los panaderos dentro de sus labores diarias.



Figura 7: Proceso de boleado manual

1.1.1.4 Referente de divisora boleadora

La divisora boleadora es una máquina encargada de reemplazar el proceso de división y boleado manual mediante diversos tipos de mecanismos que permiten dividir una cantidad de masa en porciones iguales y elaborar bolas de masa, para reducir tiempos de producción y establecer exactitud en la cantidad de panes que se realizarán diariamente.

Proba es representante exclusivo en divisoras boleadoras marca Fernetto (empresa líder en la fabricación de equipos para la industria panadera de Portugal), las cuales tienen un valor en el mercado nacional de 9,000 a 10,000 dólares y son de gran calidad, pero a pesar de sus factores beneficiosos para el sector panadero no han logrado tener buena introducción en el mercado de producción mediana.



Figura 8: Divisora Boleadora Fernetto. Copyright 2013 por Fernetto

Por lo tanto se ha realizado un análisis de la máquina para lograr obtener información que permitirá adquirir conocimientos sobre los procesos y mecanismos que utiliza y determinar los factores que limitan las ventas de este equipo por parte del comitente, para ser considerados posteriormente en el proceso de diseño del proyecto.

El proceso de uso de esta divisora boleadora consta de 6 pasos, los cuales son:

- 1) Pesar la masa y colocarla sobre un plato complementario de la máquina
- 2) Distribuir la masa homogéneamente sobre todo el plato
- 3) Centrar el plato con la masa sobre la máquina
- 4) Accionar unas palancas para comprimir la masa y dividirla en partes iguales
- 5) Accionar una palanca que genera un movimiento rotatorio, el cual bolea
- 6) Verificar y retirar el plato con las masas ya boleadas



Figura 9: Proceso de funcionamiento de la divisora boleadora Fernetto

El modelo de divisora boleadora Fernetto que Proba importa utiliza un sistema semiautomático que permite elaborar porciones de masa boleadas de 25 a 83 gr, divide la masa en 30 o 36 unidades y permite trabajar con cantidades de masa de 900 a 3650 gr, la altura de la máquina es de 1,34 m y pesa 285 Kg, los costos de importación ascienden a un 35% sobre el precio del equipo en origen. Como se ha demostrado en la imagen 6, esta máquina utiliza diferentes mecanismos y elementos para el proceso de dividir y el de bolear que son accionados por el operario.

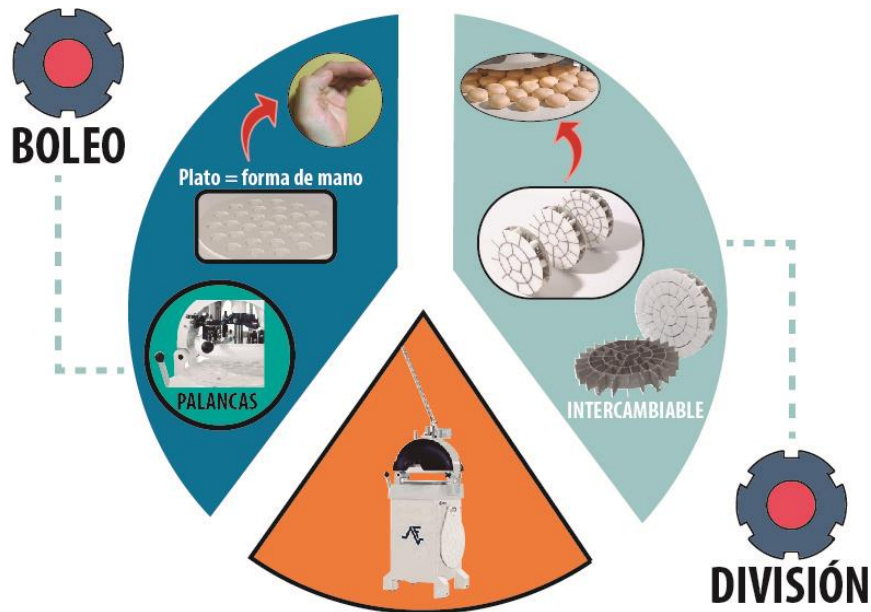


Figura 10: Mecanismos y elementos principales de la DB Fernetto

Para el proceso de división cuenta con un sistema de prensa fija con diferentes tipos de división, de acuerdo al modelo que se adquiera, que permiten dividir la masa en las porciones que el panadero necesite. En el caso de que una panadería requiriese un equipo que le permita variar la cantidad de porciones a dividir, se puede acceder a otros modelos de divisoras boleadoras que cuentan con prensas amovibles [véase fig.11] que posibilitan intercambiar el rango de masas a bolear, pero tienen un costo adicional de \$2.500 dólares.

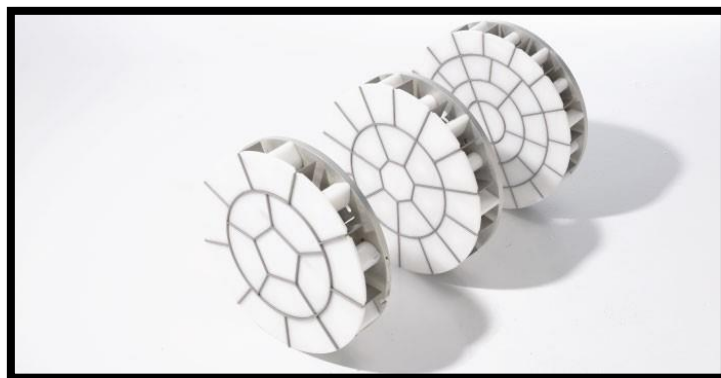


Figura 11: Prensas amovibles. Copyright 2013 por Fernetto

Para lograr la división el panadero tiene que accionar dos palancas: una que permite comprimir la masa hacia abajo que tiene una altura de 2,11 m y otra que acciona unas cuchillas cortadoras distribuidas específicamente dentro del círculo en áreas iguales para lograr la distribución exacta de peso de masa en cada espacio.



Figura 12: Sistema de división accionado por palancas. Copyright 2013 por Fernetto

Para el proceso de boleado se utiliza un plato [fig.13] que tiene el número de espacios definidos por la prensa utilizada, el cual sirve para colocar la masa que será cortada y posteriormente el plato rota sobre un eje que permite que las masas se boleen. El factor que permite generar bolas de masa con exactitud está en las substracciones circulares en forma de espiral que tiene el plato, estos permiten que la masa no se pegue a éste; las masas rotan encima de una concavidad que simula el proceso de las manos del panadero al bolear.

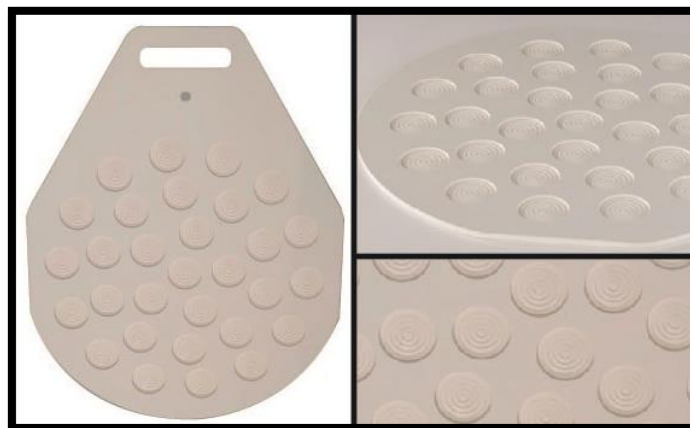


Figura 13: Plato boleador y sistema de canales en espiral. Copyright 2013 por Fernetto

Con el fin de determinar los factores que limitan las ventas de esta máquina en el mercado ecuatoriano se ha realizado una descomposición de los elementos que presentan posibles problemas.

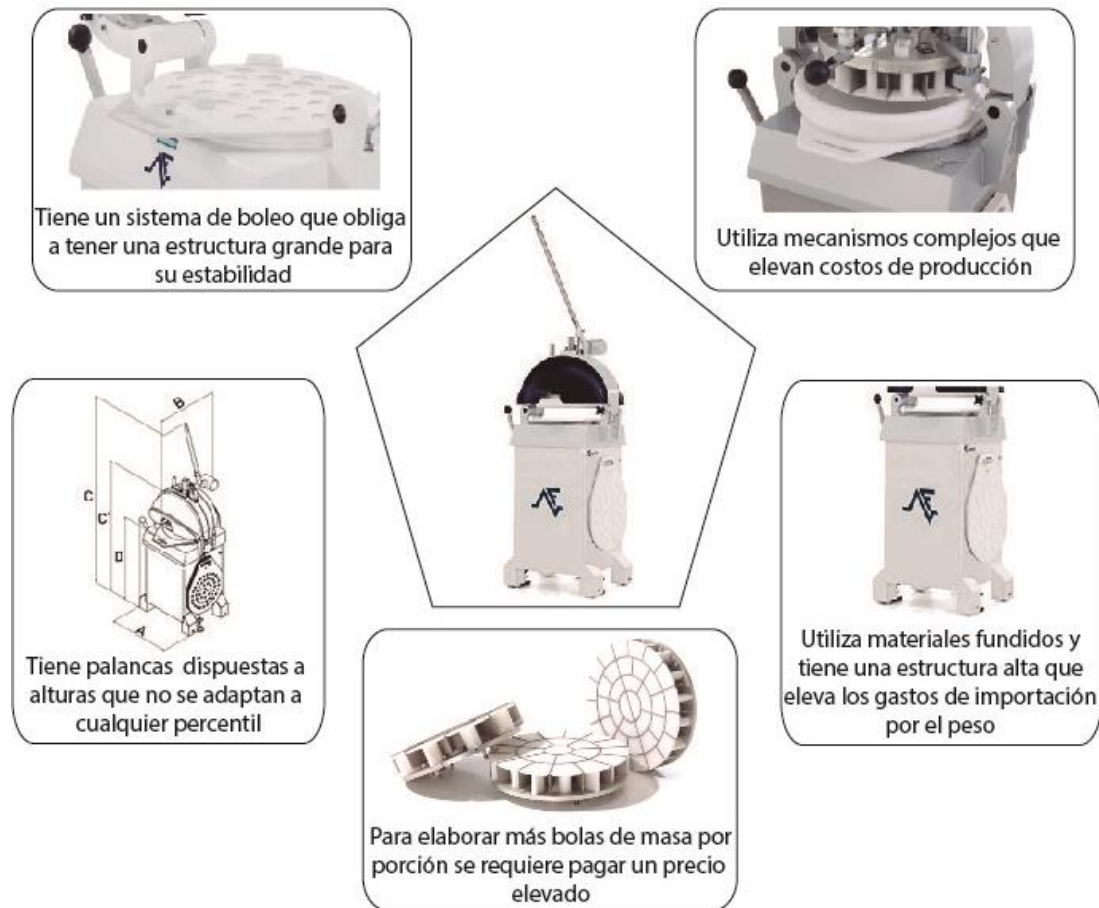


Figura 14: Elementos de la divisora boleadora Ferneti con posibles problemas hacia el mercado Ecuatoriano.

1.2 Especificaciones del diseño del proyecto

1.2.1 Investigación de necesidades de los usuarios

Para involucrar al usuario en el proceso de diseño y lograr identificar sus necesidades se han utilizados dos técnicas del método de indagación que propone el diseño centrado en el usuario: la observación y las entrevistas. Este conocimiento sobre el usuario es imprescindible para lograr diseñar un objeto eficiente [ver los resultados de las entrevistas en los anexos].

Para la obtención de los requisitos específicos se han determinado 5 tipos de usuarios que presentan diversas condiciones, que son: los usuarios directos que disponen divisora boleadora, directos que no disponen de divisora boleadora, indirectos, externos y extremos.

Tabla 1:

Técnicas de indagación

CANALES DE INFORMACIÓN	USUARIOS
<p>Observación: Esta técnica se usará para observar a los usuarios en su entorno habitual y conocer de manera más objetiva que hacen, y para determinar sus comportamientos</p>	<p>Usuarios Directos: Panaderos que realizan el proceso de forma manual y los que disponen de una divisora boleadora</p>
	<p>Usuario indirecto: La empresa Proba, que será quien comercializará la máquina.</p>
<p>Entrevista: Esta técnica ayudará a proporcionar información cuantitativa, documentar sus criterios y encontrar problemas y necesidades</p>	<p>Experto: Ing. Luis Yajamín, empleado de Proba experto en máquinas de panadería</p>
	<p>Extremo: Panadero que tiene una discapacidad física ocasionada por los procesos manuales</p>

1.2.1.1 Usuario directo con divisora boleadora

Como usuario en este caso se entrevistó al señor Franklin Flores, que es un empleado panadero que lleva más de 15 años trabajando en el negocio de la panificación y actualmente trabaja en la panadería Danesa que está ubicada en el norte de Quito. En esta panadería se produce aproximadamente 1.300 panes diarios y se dispone de una divisora boleadora marca Fernetto.

“Franklin Flores dice que una divisora boleadora no deberá producir tiempo muertos; esto quiere decir, que el proceso de boleado debe estimar un tiempo preciso que no acelere ni disminuya los demás procesos para la elaboración del pan, ya que esto generará que el panadero tenga tiempo en los que ya no pueda avanzar hasta esperar que otro proceso como el de horneado termine, y también hay que considerar que a pesar de que las divisoras boleadoras ayudan a reducir el tiempo de boleado y el contacto con las manos para que sea más higiénico, en el tipo de producción que se tiene no es tan relevante el tiempo ya que el panadero y la máquina casi demoran el mismo tiempo en realizar las bolas de masa, sino más bien el dividir la masa en porciones iguales es de mayor importancia para que no hayan pérdidas económicas ya que muchas veces se bolea el pan no solo para hacer pan redondo sino para dividir las masas para su posterior trabajo, y de igual manera una divisora boleadora deberá permitir un rango variable de peso de masa por bola elaborada entre 60 gr a 70 gr, la cual dependerá de cada panadería pero nadie baja o excede esa cantidad”. (F. Flores, comunicación personal, 2 de marzo de 2016).

De acuerdo a las observaciones se detectó que la divisora boleadora Fernetto es eficiente en términos de tiempo, pero ineficiente en algunos modos de usabilidad ya que el panadero tiene que utilizar palancas por encima de él, no se utiliza el equipo de manera adecuada y quedan residuos de masa dentro que resultan muy difíciles de

limpiar posteriormente. Un aspecto positivo es que la máquina requiere para su uso un continuo movimiento por parte del operario, lo que genera un proceso dinámico que mantiene al usuario activo para seguir realizando sus labores.

Se observó también que el panadero prefiere bolear a mano a pesar de tener la divisora boleadora ya que le parece muy complicado de usar, que su rapidez en elaborar las bolas de forma manual es casi la misma que la máquina y siente que este equipo es innecesario; esto quiere decir, que existe una gran desvinculación hombre-máquina por la frialdad que trasmite el objeto en una labor que a fin de cuentas el panadero disfruta por su dinámica, y que preferiría un objeto que le ayude en su labor y no más bien una máquina que lo reemplace. Por lo tanto, se deberá crear un objeto que mejore la relación entre el panadero y su equipo de trabajo, y que el usuario lo perciba con un sentido de propiedad o pertenencia al que le otorgue un vínculo más cercano.

1.2.1.2 Usuario directo sin divisora boleadora

Los usuarios directos entrevistados que no disponen en sus negocios una divisora boleadora fueron Jaime Aguagallo, empleado panadero de la panadería La Selecta ubicada en el Sur de Quito, Carlos Hernández, dueño y panadero jubilado de la Panadería Ambato, Juan Carlos Aúlla, panadero y dueño de la panadería Dumbo ubicada en el norte de Quito y Hernán Merchán, dueño y panadero jubilado de la panadería Danesa en el norte de Quito; producen entre 1.200 y 4.000 panes diarios y llevan trabajando en la panificación entre 6 y 25 años.

De acuerdo a las entrevistas algunos usuarios manifestaron que al realizar el proceso de boleado a mano existe una gran variación de la cantidad de panes que se realizan a diario debido a la inexactitud que tiene el panadero al momento de dividir la masa, el porcentaje de variación es alrededor del 10%; es decir, que por cada 1,000 panes que deberían elaborarse, 100 panes exceden o faltan al acabar el proceso.

Se concluyó de acuerdo a las entrevistas que un panadero mantiene un tipo de trabajo estático al realizar el proceso de división y boleado manualmente por aproximadamente 25 minutos por cada tanda de pan que entra al horno, y en el día un total de 2 a 3 horas dependiendo de la producción de la panadería. También se pudo concluir que los panaderos perciben la necesidad de una divisora boleadora ya que presentan a temprana edad ciertas dificultades y malestares en el cuerpo; y adicionalmente se pudo conocer que los dueños de las panaderías solo estarían dispuestos a pagar alrededor de \$5.000 dólares por este equipo.

1.2.1.3 *Usuario indirecto*

En representación del usuario indirecto que es la empresa se entrevistó a Amparo Yáñez (gerente de Proba), que manifestó nuevos criterios sumados a los requerimientos anteriormente establecidos por el comitente.

“Amparo Yáñez, dice que las divisoras boleadoras que hay en el mercado no están adaptadas a las medidas antropométricas del panadero ecuatoriano de edades entre 18 y 64 años ya que las máquinas que se traen de importación vienen de Europa, de igual manera existen varias panaderías no disponen de mucho espacio puesto que los equipos indispensables como hornos y amasadoras ocupan un gran lugar dentro de la cocina. También de acuerdo con las ventas de equipos que se realiza a las panaderías de producción mediana se estima que estarían dispuestas a pagar alrededor de 6.000 dólares en una divisora boleadora.” (A. Yáñez, comunicación personal, 15 de febrero de 2016).

1.2.1.4 *Usuario Experto*

El usuario experto es Luis Yajamín (ingeniero electrónico de Proba), que presenta un gran conocimiento sobre el funcionamiento de todo tipo de maquinarias de la industria panadera puesto que lleva trabajando alrededor de 6 años con la empresa, y se encarga del mantenimiento de los equipos de importación.

“Según Luis Yajamín, Ing. electrónico de Proba, se deberán usar materiales accesibles en el país de bajo costo y alta calidad puesto que se deben abaratar costos, y de igual manera se tendrá que respetar ciertos requisitos que existen para la fabricación de maquinaria para procesado alimenticio. Se deberá reducir en lo posible el porcentaje de uso de aceros fundidos para que los costos de producción del objeto no sean altos, ya que en el país este tipo de tecnología es muy costosa para ser utilizado en máquinas como divisoras boleadoras y también porque vuelve muy pesado al objeto, el cual es uno de los principales factores por los que las divisoras boleadoras que se importan son muy costosas, puesto que a mayor peso mayor aumento en los gastos de importación y también implica un transporte específico para la instalación en las panaderías.” (L. Yajamín, comunicación personal, 20 de febrero de 2016).

Se determinó por medio de la entrevista que la tecnología para crear una divisora boleadora que compita con las que se importan y fabricarla a menor costo si existe en el Ecuador, y son justamente tecnologías que muy poco aplican los competidores nacionales ya que se limitan al uso de cerrajeros con formación artesanal o expertos en mecánica sin formación profesional para la fabricación de productos industriales, lo que constituye un factor limitante que no les permite innovar; la máquina también deberá ser de fácil instalación y transportación, y usar materiales que sean livianos, económicos y de buena calidad.

1.2.1.5 *Usuario extremo*

El usuario extremo entrevistado fue Hernán Merchán, dueño y panadero de la panadería Danesa, ubicada en el norte de Quito, que sufre de dolores fuertes en las

muñecas al llevar 30 años en el negocio de la panadería y que vende aproximadamente 1.300 panes diarios.

Se concluyó que el movimiento continuo de las muñecas a lo largo del tiempo provoca problemas de salud que pueden intervenir en el trabajo y disminuir la productividad de un empleado panadero. En este caso el panadero se ha visto obligado a tener que buscar un reemplazo en su negocio y adquirir una divisora boleadora; este cambio ayudo a mejorar su salud, acelerar el proceso de elaboración del pan y al haber adquirido la divisora boleadora notó la gran necesidad de este tipo de equipo en su negocio y expone que” todo panadero de Quito debería poseer esta máquina en su negocio y a pesar de que muchas veces uno no llega a entender la importancia de este equipo de verdad ayuda a mejorar los márgenes de ventas en una panadería”. (H. Merchán, comunicación personal, 1 de marzo de 2016).

1.2.2 Condiciones ergonómicas implicadas en el proceso de división y boleado manual

De acuerdo a los métodos de indagación utilizados, se ha encontrado varios criterios similares a pesar de las diversas condiciones que presenta cada uno de los usuarios. Varios de los panaderos han manifestado que la labor de la panadería es un arduo trabajo de larga duración, mucho sacrificio, y que conlleva problemas en su salud a mediano o largo plazo; para lograr satisfacer las necesidades englobadas hacia la mejora de productividad y calidad de producción se debe tomar en cuenta las condiciones ergonómicas a las que está sometido el panadero y las que deberá presentar, tales como: disposición de las manos, posturas y movimientos, frecuencia de acciones, etc., y también conocer las medidas antropométricas de las partes del cuerpo que intervienen en el proceso de división y boleado de la masa.

1.2.2.1 Patrones funcionales y disposiciones de la mano

Para lograr entender la versatilidad de la mano en la elaboración de las bolas es necesario analizar su disposición anatómica en la manipulación de la masa y los ajustes posicionales que debe mantener para la ejecución del boleado principalmente.

Las manos son percibidas por el panadero como su principal herramienta en el proceso de división y boleado manual; para lograr obtener una bola perfecta el panadero dispone las manos en una posición específica para después utilizar diversos mecanismos donde intervienen diferentes partes del cuerpo como las muñecas, brazos y hombros; esta disposición de las manos es un patrón funcional de agarre de fuerza

[fig.15], que en este caso no implica mayor fuerza sino únicamente la disposición de la mano en este sentido.

Luz (2012) afirma que:

Los patrones de función son movimientos en lo que se agarra un objeto y este se mantiene en parte o de forma completa dentro de la superficie de la mano. Los patrones funcionales se clasifican en agarres de fuerza y de precisión, en donde los agarres de fuerza son aquellos en los cuales los dedos están flexionados en las tres articulaciones, el objeto se encuentra entre los dedos y la palma, el pulgar se aduce y queda posicionado sobre la cara palmar del objeto. (p.22)



Figura 15: Patrón funcional de agarre de fuerza de la mano

La concavidad palmar [fig.16] es la encargada de permitir la variación de dimensión de la masa a bolear gracias a que existe un arco transverso en los metacarpianos que llevado hacia adentro forma un semicírculo, que es la clave para la formación de la bola de masa, y el pulgar y meñique son los encargados de limitar el espacio en el cual la masa podrá rotar para no salirse de la superficie entre la mesa y la mano.



Figura 16: Concavidad palmar encargada de la dimensión de la bola de masa

Cuando se dispone a bolear, la mano tiene que recogerse y dejar una ligera superficie libre que permita que la masa pueda desplazarse sobre el mesón una vez que se comienza con el movimiento rotatorio del boleo, el cual es uno de los mecanismos principales que ejerce el panadero para que la masa tome su forma en todas las direcciones.

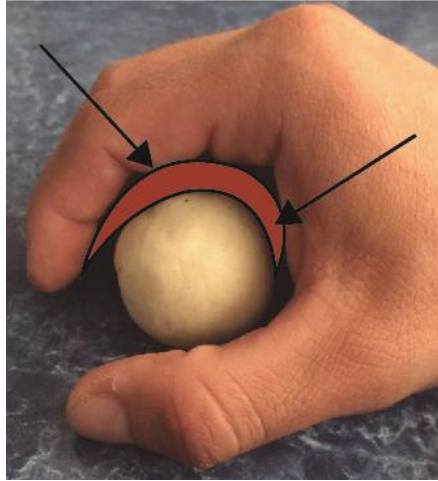


Figura 17: Espacio libre de la mano que permite el desplazamiento de la masa al bolear

Para lograr la forma esférica de la bola el panadero debe posicionar la mano formando tres arcos: uno en sentido longitudinal [véase fig.18], que va desde la punta de los dedos hacia la muñeca, en sentido transversal [véase fig.19], que se forma desde la concavidad de los nudillos que es formada por los cuatro dedos hacia abajo y el pulgar que encapsula la bola en un espacio, y en sentido oblicuo [véase fig.20], que forma el arco que va en oposición al pulgar y pasa por los cuatro dedos hasta el meñique.

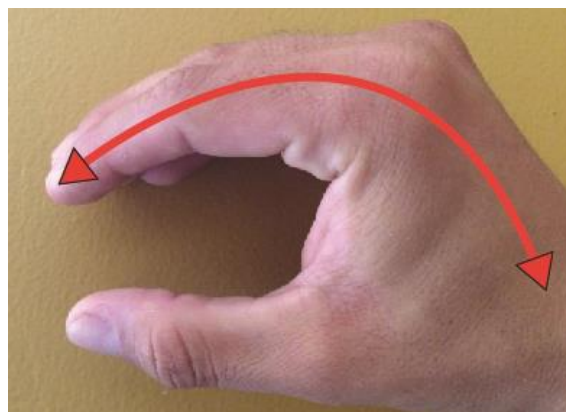


Figura 18: Arco longitudinal de la mano



Figura 19: Arco transversal de la mano

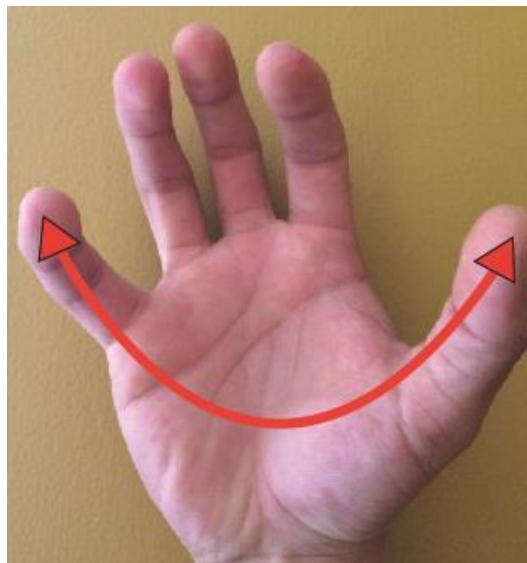


Figura 20: Arco oblicuo de la mano

1.2.2.2 *Medidas antropométricas incidentes en el proceso de división y boleó*

Para el diseño de este equipo de trabajo se requiere analizar principalmente mediciones lineales de las extremidades y segmentos corporales que inciden en el proceso de división y boleó del campo laboral de la panadería, que se pueden calcular fácilmente. Ya que no existe un registro sobre las medidas antropométricas del Ecuador, en este caso se usarán datos de Colombia que son los más cercanos al percentil del Ecuador, obtenidos del libro “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”.

La imposibilidad de diseñar para toda la población nos obliga a escoger un segmento que abarque la mayor cantidad de esta, por lo cual se trabajará con los percentiles 5° y

95°, ya que si el diseño es eficaz para los usuarios con estas dimensiones, lo será para la mayoría.

1.2.2.2.1 Dimensiones estructurales del cuerpo

Ya que en el proceso de división y boleado intervienen principalmente las extremidades superiores, se ha considerado únicamente medidas desde la cintura del cuerpo hacia arriba como: la estatura, la altura del codo, la altura de los hombros, y la anchura de hombros [véase fig.21].

Tabla 2:

Dimensiones estructurales del cuerpo

Dimensiones estructurales del cuerpo						
Percentiles		Estatura (cm)	Altura de codos (cm)	Altura de hombros (cm)	Anchura de hombros (cm)	
95°	Hombres	188,6	120,9	155,7	52,9	
	Mujeres	172,4	108,7	141,4	46,8	
5°	Hombres	168,2	105,5	136,5	44,4	
	Mujeres	152,3	96,5	122,9	38,6	

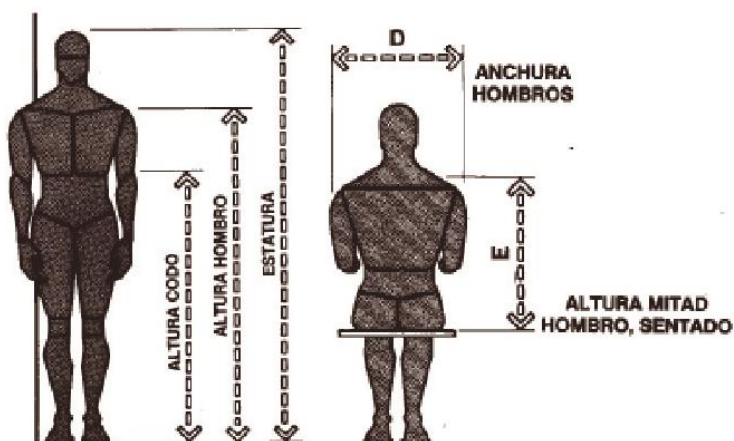


Figura 21: Referencia de dimensiones estructurales del cuerpo. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

1.2.2.2.2 Dimensiones funcionales del cuerpo

Puesto que el único alcance que interviene en este proceso es el de la masa que es boleada al frente del panadero (sobre el mesón de trabajo), solo se requiere de la dimensión del alcance de la punta de la mano [véase fig.22].

Tabla 3:

Dimensiones funcionales del cuerpo

Dimensiones funcionales del cuerpo		
Percentiles		Alcance punta de mano (cm)
95°	Hombres	87,4
	Mujeres	80,6
5°	Hombres	74,3
	Mujeres	67,7

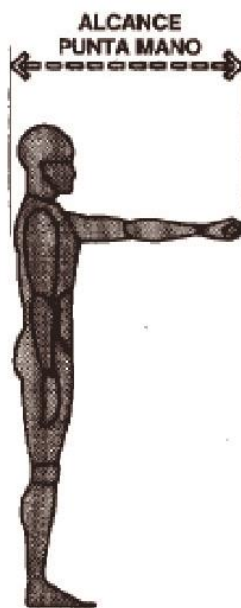


Figura 22: Referencia de dimensiones funcionales del cuerpo. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

1.2.2.2.3 Dimensiones de la mano

Se han determinado tres dimensiones de la mano que son: la sección de la muñeca hasta la punta del dedo medio, la sección palmar y el ancho de los dedos [véase fig.23].

Tabla 4:

Dimensiones de la mano

Dimensiones de la mano				
Percentiles		Muñeca punta dedo (cm)	Sección palmar (cm)	Ancho de los dedos (cm)
95°	Hombres	20,5	11,8	9,6
5°	Hombres	17,8	8,2	8,2

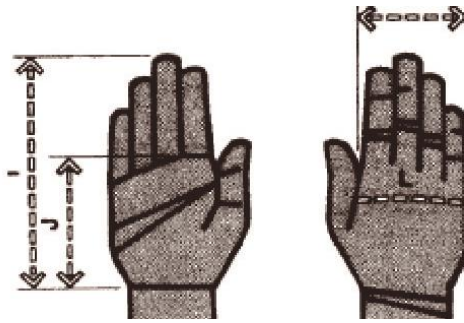


Figura 23: Referencia de dimensiones de la mano. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

1.2.2.3 Movimientos articulatorios y posiciones que demanda el proceso de división y boleado

Se ha evidenciado de acuerdo a las observaciones y manifestación de los distintos panaderos analizados, que las principales partes móviles del cuerpo en el proceso de la división y boleado son los hombros, codos, muñecas y cabeza.

1.2.2.3.1 Movimientos articulatorios de los hombros

En la acción del boleado intervienen tres tipos de movimientos del hombro: La rotación en posición neutra, la cual el panadero ejerce cuando mueve la masa de un lado hacia el otro sobre el mesón y que no puede exceder los 45° externamente, la hiperextensión, que la usa conjuntamente cuando realiza el movimiento de rotación en posición neutra, y la abducción que interviene cuando el panadero aleja los brazos de su cuerpo al girar la bola de masa, que no deberá sobrepasar los 90° [véase fig.24]. Estos tres movimientos combinados generan la rotación circular de las manos contra la superficie de trabajo, de forma repetitiva durante un largo plazo sin descanso; estos movimientos pueden ser los que generan el malestar en los hombros del panadero.

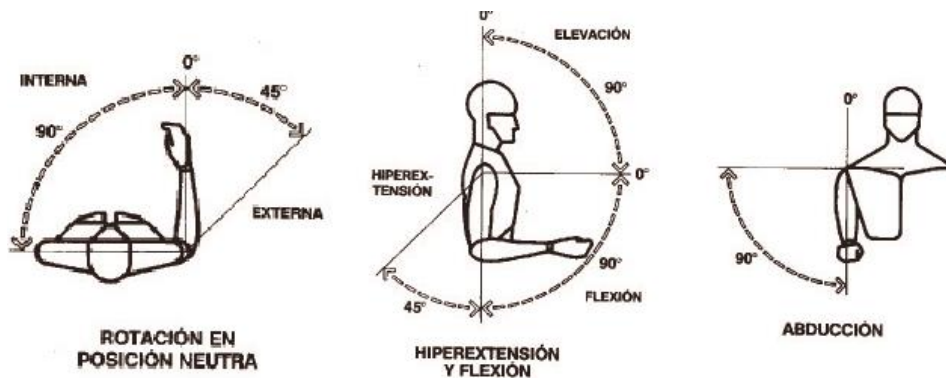


Figura 24: Referencia de movimientos articulatorios de los hombros. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

1.2.2.3.2 *Movimiento articulario de los codos*

El panadero realiza un ángulo de pronación de 90° en los codos para lograr presionar la bola de masa contra la superficie de trabajo, que no ocasiona mayor problema.

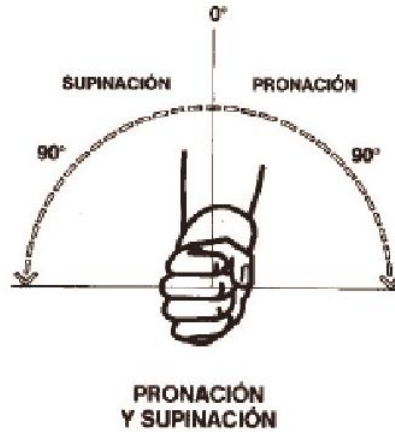


Figura 25: Referencia de movimiento articulario de los codos. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

1.2.2.3.3 *Movimientos articularios de las muñecas*

El panadero ejerce una flexión dorsal en ambas muñecas al posicionar sus manos sobre la superficie de trabajo; este ángulo no debe superar los 65°, lo cual es relativamente directo a la estatura, la altura de los codos del panadero y la superficie de trabajo, y también realiza un ligero movimiento radial y ulnar cuando mueve los brazos para bolear [véase fig.26]. Posiblemente los ángulos en las muñecas combinado con el movimiento repetitivo de la misma acción, es el que ocasiona los problemas a largo plazo en las muñecas.

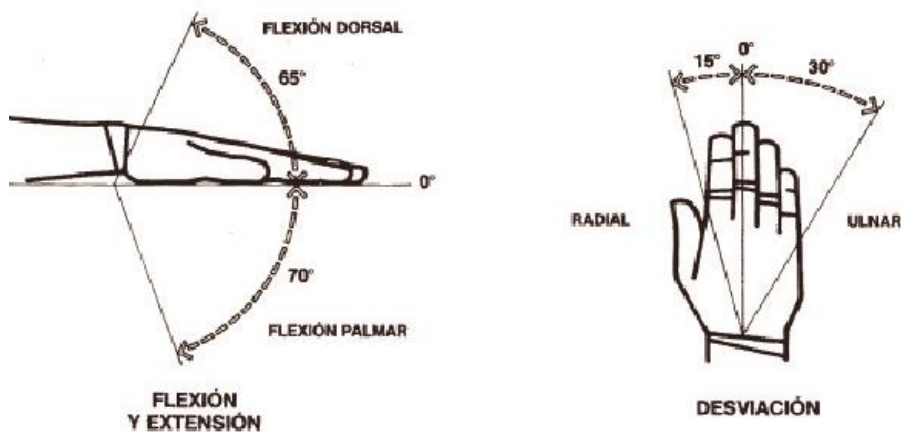


Figura 26: Referencia de movimientos articularios de las muñecas. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

1.2.2.3.4 *Movimiento articular de la cabeza*

Para lograr la visualización correcta de su trabajo el panadero tiene que generar una flexión en la cabeza que puede ser estática o de movimiento continuo, pero que no deberá sobrepasar los 40°.

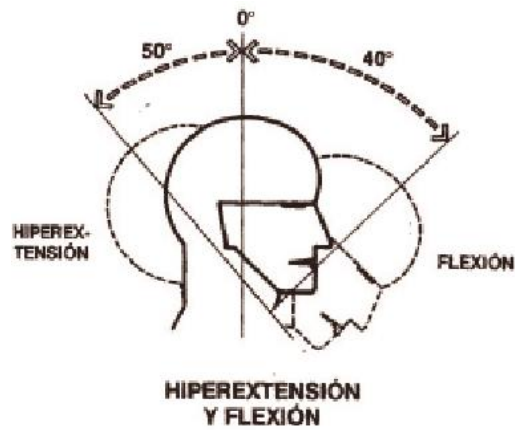


Figura 27: Referencia de movimientos articulares de la cabeza. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

1.2.2.4 *Posturas en el espacio de trabajo*

Las posturas que se adoptan en el trabajo tienen un objetivo y una finalidad fuera de sí mismas. Esto ocurre porque las posturas están relacionadas con las condiciones externas del trabajo, y en los espacios de cocinar dominan las consideraciones relativas a la altura de sus superficies de trabajo, que en este caso es el mesón de acero.

En las panaderías por regulaciones de ley se debe tener un mesón de trabajo de acero inoxidable que tiene una altura estándar de los 85cm a 90cm y una profundidad de 70 cm, si es adosada, y 100cm si es central.



Figura 28: Mesón para panadería. Copyright (s.f) por Luckie muebles inoxidables

En el área de trabajo de pie, el perímetro exterior está definido por la extensión horizontal de la punta de la mano del usuario de altura más pequeña. La superficie de trabajo inmediata frente al usuario varía entre 45,7 a 76,2 cm, todo aquello que este dentro de este espacio es accesible y está al alcance del panadero; superada esta dimensión se requiere mayor esfuerzo. De igual manera el área hacia los lados del usuario más accesible es a 91,4cm, pero puede llegar hasta los 106,7 que es el máximo del alcance de los brazos [véase fig.29]; se deberá considerar que el panadero puede tener flexiones de la columna para extender su alcance frontal de 45,7 y llegar a los 66cm en la manipulación de herramientas de trabajo [véase fig.30].

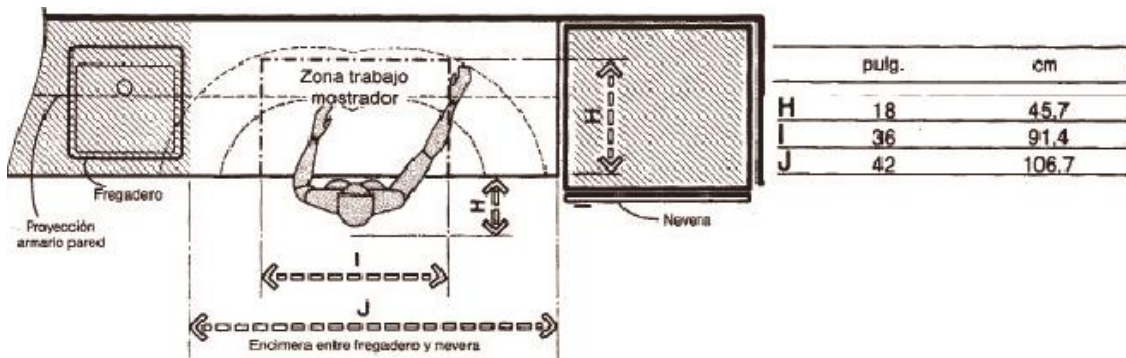


Figura 29: Alcances del panadero en el área de trabajo. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

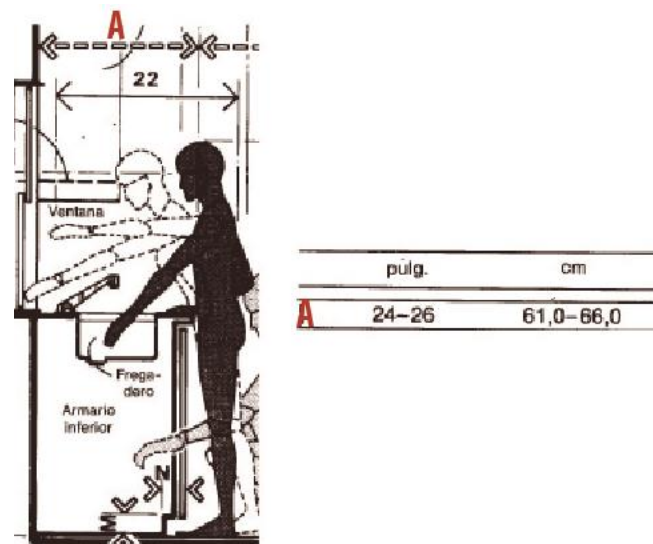


Figura 30: Alcance frontal mediante flexión de la columna. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

El panadero también puede utilizar su máxima profundidad del cuerpo para lograr alcanzar objetos en el mesón, pero no para su manipulación. Esta profundidad máxima del cuerpo es de 101,6 cm que está representada en la imagen 31 como "B".

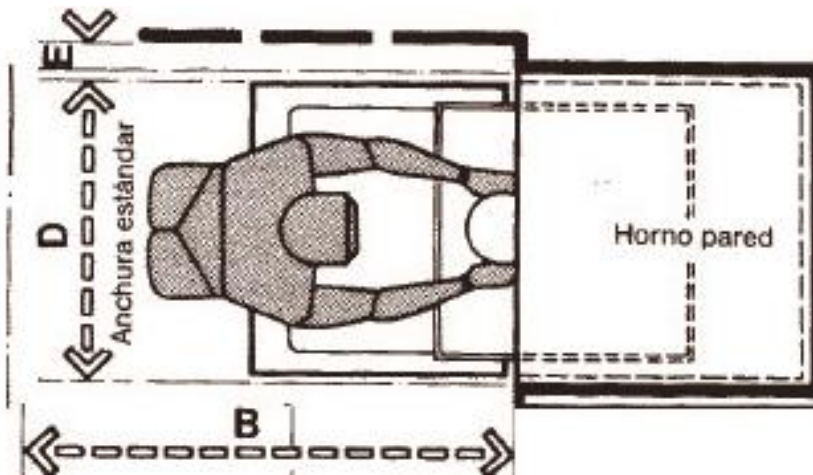


Figura 31: Profundidad máxima del cuerpo del panadero. Copyright 2009 por Panero y Zelnik

La postura vertical que mantiene el panadero no es inadecuada, pero el tiempo en el que permanece estático es el que le ocasiona los diversos malestares.

La adopción de posturas forzadas o el estatismo postural producen fatiga física, pudiéndose traducir en trastornos musculo- esqueléticos y circulatorios. No se deberá permanecer totalmente inmóvil durante mucho tiempo. Doblar de vez en cuando las piernas mejorará la circulación sanguínea. (García, Garciñuno, Rubio, Gala, y Fernández, 1999, p.330)

1.2.2.5 *Movimientos musculares*

En el proceso de división y boleado manual se aplican tres grupos de trabajo muscular, los cuales son: el trabajo muscular dinámico, el trabajo estático y el trabajo repetitivo.

El trabajo muscular dinámico es un movimiento en el cual los músculos esqueléticos implicados se contraen y relajan rítmicamente, (...). El trabajo estático es un movimiento en el que la contracción muscular no produce movimientos visibles y aumenta la presión en el interior del músculo lo que, junto con la compresión mecánica, ocluye la circulación total o parcial de la sangre (Lauring y Vedder, 1998, p.29.9).

En la elaboración de las bolas de masa se aplican movimientos musculares dinámicos y estáticos a la vez, puesto que el panadero tiene que estar varios minutos parado en un mismo sitio a medida que realiza un movimiento dinámico en sus extremidades superiores [véase fig.32]. El hecho de trabajar en una misma posición ocasiona dolores al panadero en músculos como la espalda y piernas por la falta de circulación.



Figura 32: Panadero en el proceso de boleado manual

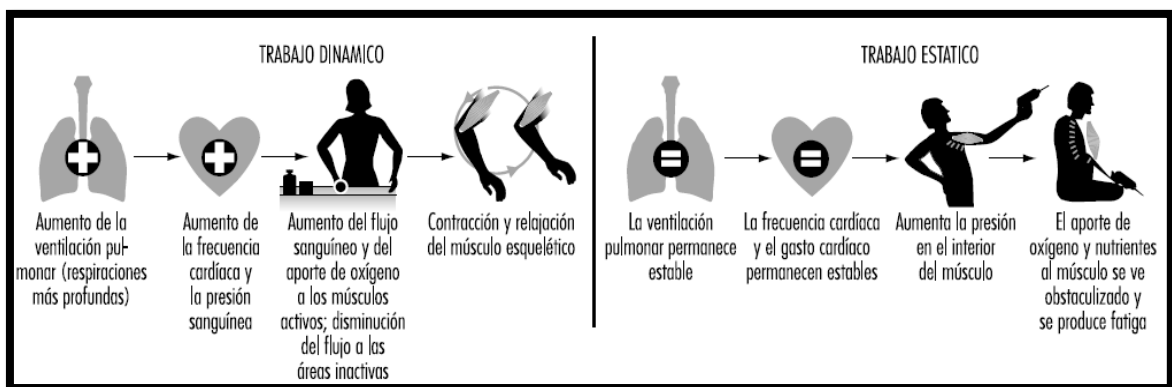


Figura 33: Trabajo estático frente a trabajo dinámico. Copyright 1998 por Lauring y Vedder

De igual manera el trabajo manual de boleado, es un trabajo repetitivo con grupos musculares pequeños que a pesar de que resulta difícil establecer criterios para el trabajo repetitivo, pueden conducir a lesiones a largo plazo en las fibras musculares y como consecuencia la disminución de la fuerza muscular.

Un trabajo estático y repetitivo de los músculos puede provocar fatiga y reducir la capacidad de trabajo a niveles muy bajos de fuerza relativa. Por lo tanto, la intervención ergonómica deberá tener como objetivo la reducción del número de movimientos repetitivos y de contracciones estáticas tanto como sea posible". (Lauring y Vedder, 1998, p.29.32).

Para lograr que el nuevo diseño no provoque un trabajo repetitivo como ya lo hace el proceso manual, se deberá analizar las repeticiones de un movimiento por minuto ya que Lauring y Vedder (1998) Afirman que:

En el trabajo repetitivo los músculos se contraen más de 30 veces por minuto, lo que ocasiona que la fuerza muscular empiece a disminuir (...). En caso de mantener un movimiento repetitivo deberán existir intervalos de tiempo de pausa en el proceso para no ocasionar problemas posteriores que incomoden al trabajador"(p.29.32).

1.2.3 Requisitos de la maquinaria para procesado alimenticio

De acuerdo a lo expuesto por el usuario experto Ing. Luis Yajamín se deberá respetar los requisitos que existen sobre la maquinaria para procesado alimenticio; por lo cual se han investigado que estos equipos deben estar diseñados de acuerdo a principios de diseño higiénico para garantizar la seguridad de los alimentos, que son algunos de los principios generales que establecen la legislación europea en la directiva 98/37/EC y el reglamento 852/2004.

Sin embargo la legislación europea no dicta requisitos puntuales y específicos sobre este tema, pero existen varias agencias como la EHEDG, A-3 SSI y la NSF que publican guías de referencia sobre los requerimientos más específicos de diseño higiénico y que facilitan el cumplimiento de los requisitos legales.

En el caso del proyecto competen únicamente los conceptos de tecnologías aplicadas y limpieza, para tener el conocimiento de los materiales que son pertinentes en la fabricación y requisitos que deberá cumplir el equipo, con el objetivo de entender las limitaciones en el desarrollo de este tipo de objeto de diseño.

La asociación española de normalización (2006) establece la normativa UNE-EN ISO 1672-2 “Maquinaria para procesado de alimentos: conceptos básicos y requisitos de higiene”, la cual especifica los requisitos de higiene comunes aplicables a la maquinaria utilizada en la preparación y procesado de alimentos destinado al consumo humano, para eliminar o minimizar el riesgo de contagio, infección, enfermedad o lesión causados por los alimentos.

Entre los principales criterios de diseño higiénico que dicta esta normativa tenemos:

1. Facilidad de limpieza, “limpiabilidad”

Un diseño higiénico correcto garantiza que la instalación o los equipos se puedan limpiar de forma adecuada, y que sus superficies y componentes resistan el contacto con los productos alimentarios y los productos químicos que se utilizan para la limpieza.

2. Superficies y geometría

Las superficies no deben presentar un riesgo toxicológico por lixiviación de componentes al alimento. Las superficies en contacto con el producto deben tener baja rugosidad, sin imperfecciones como picaduras, repliegues y fisuras. Las grandes áreas de superficie de contacto deben tener una rugosidad de acabado (Ra) de 0,8 µm o mejor.

3. Accesibilidad y facilidad de desmontaje

Las partes principales de los equipos deben ser accesibles y fáciles de desmontar para que se puedan realizar su limpieza y mantenimiento de forma relativamente rápida.

4. Materiales

Los materiales de construcción en la industria alimentaria deben ser resistentes a la corrosión, no tóxicos, mecánicamente estables, y no deben contribuir a la proliferación de

microorganismos. Además deben ser completamente compatibles con el producto, el entorno, y los métodos de limpieza y desinfección. Su acabado superficial no debe verse afectado por las condiciones del uso al que se destinan.

4.1 Acero inoxidable

En general, el acero inoxidable ofrece una gran resistencia a la corrosión, por ese motivo se usa mucho en la industria alimentaria. La gama de aceros inoxidables disponibles es grande y la selección de la calidad más apropiada depende de las propiedades corrosivas del proceso y de los productos de limpieza y desinfección. La elección también estará determinada por otros factores como las tensiones a las que esté sometido el acero y a su soldabilidad, dureza, coste, etc.

Los aceros utilizados en la industria alimentaria son el AISI-304L (para procesos en que se ve sometido a bajos niveles de cloruro, bajas temperaturas y pH no ácido) y el AISI-316L, que se utiliza más comúnmente por su mayor resistencia a la corrosión. Si las temperaturas se acercan a 150° C, incluso los aceros AISI-316 pueden sufrir corrosión y puede que sea necesario el uso de aceros AISI-410, AISI-409, AISI-329.

4.2 Materiales poliméricos

Los polímeros presentan propiedades que los hacen aptos para su uso en industria alimentaria, como son; baja densidad, amplio rango de utilización, su coste e incluso cierta resistencia a la corrosión. Sus propiedades varían mucho, en función de la materia prima utilizada, los aditivos incorporados y el procedimiento de fabricación. Al igual que el resto de materiales utilizados en la industria alimentaria deben ser inocuos y se deben seleccionar en función de las condiciones del uso al que se destinan.

Los polímeros termoplásticos utilizados en alimentación suelen ser resistentes a los ácidos, álcalis y productos de limpieza y desinfección, soportan grandes variaciones de temperatura y suelen emplearse en la construcción de tuberías, accesorios y cintas transportadoras.

Los termoestables suelen pertenecer a las familias de los poliésteres, los poliuretanos y las resinas epoxídicas. El intervalo de temperaturas de uso es más amplio que para los termoplásticos, pero son más sensibles a ácidos y álcalis.

Los elastómeros o cauchos suelen emplearse para cierres, juntas, tuberías y cintas transportadoras. El más utilizado es el caucho natural, pero también se emplean otros sintéticos como el neopreno. (Milvaques, 2015).

1.2.4 Problemática

Dentro de todo el análisis desarrollado se han encontrado diversos tipos de problemas entre los que inicialmente el comitente expuso, los que la divisora boleadora Ferneto demostró al no ser aceptada en el mercado panadero de producción mediana y los que los diversos usuarios han manifestado.

A continuación se han desarrollado unos diagramas de Ishikawa para representar de manera gráfica y ordenada los 4 principales problemas encontrados con sus respectivas causas y efectos.

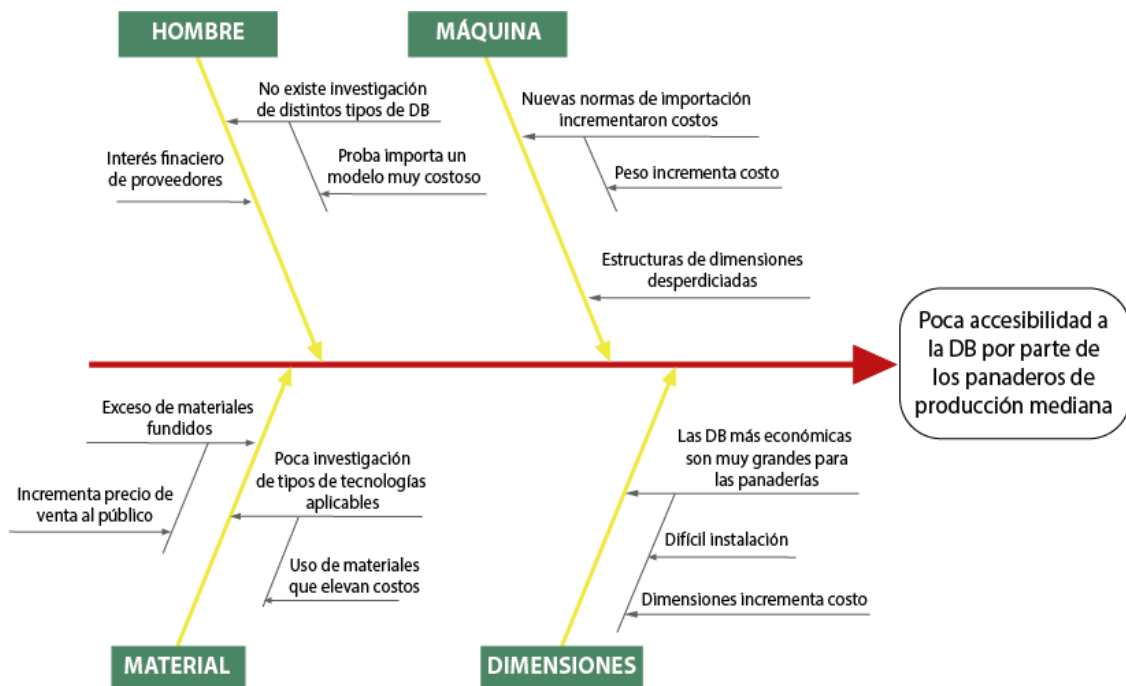


Figura 34: Diagrama Ishikawa de problema de accesibilidad a la divisora boleadora

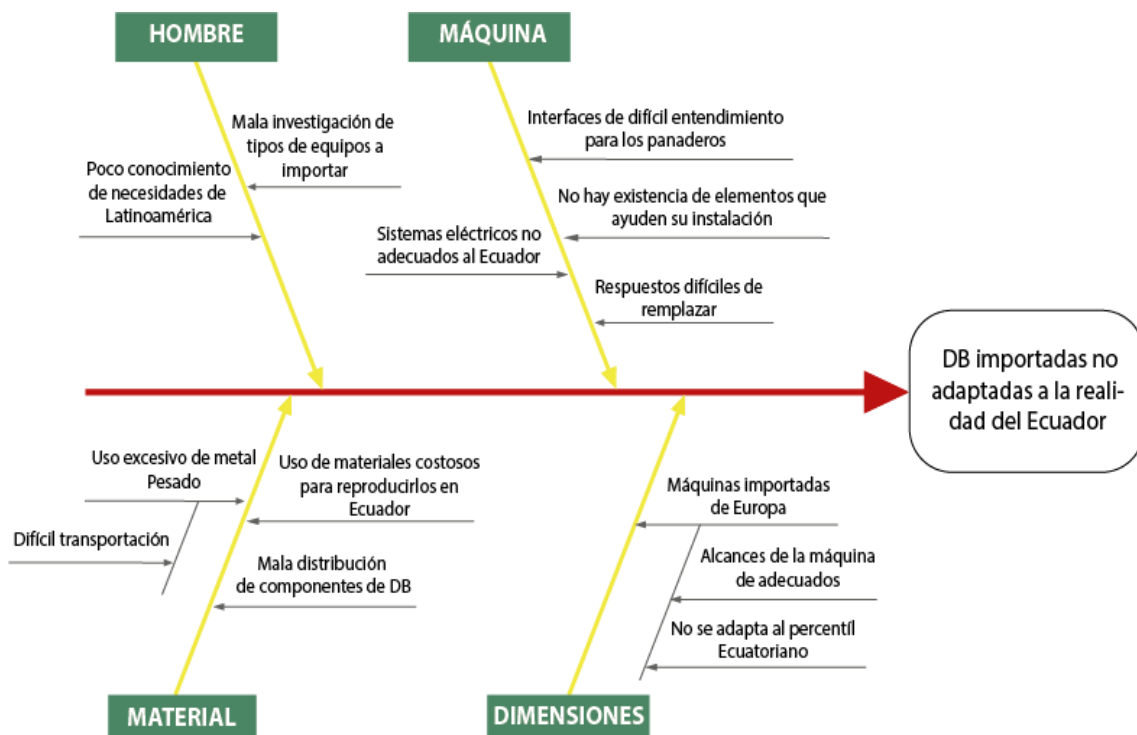


Figura 35: Diagrama Ishikawa de problema de adaptación de la divisora boleadora importada

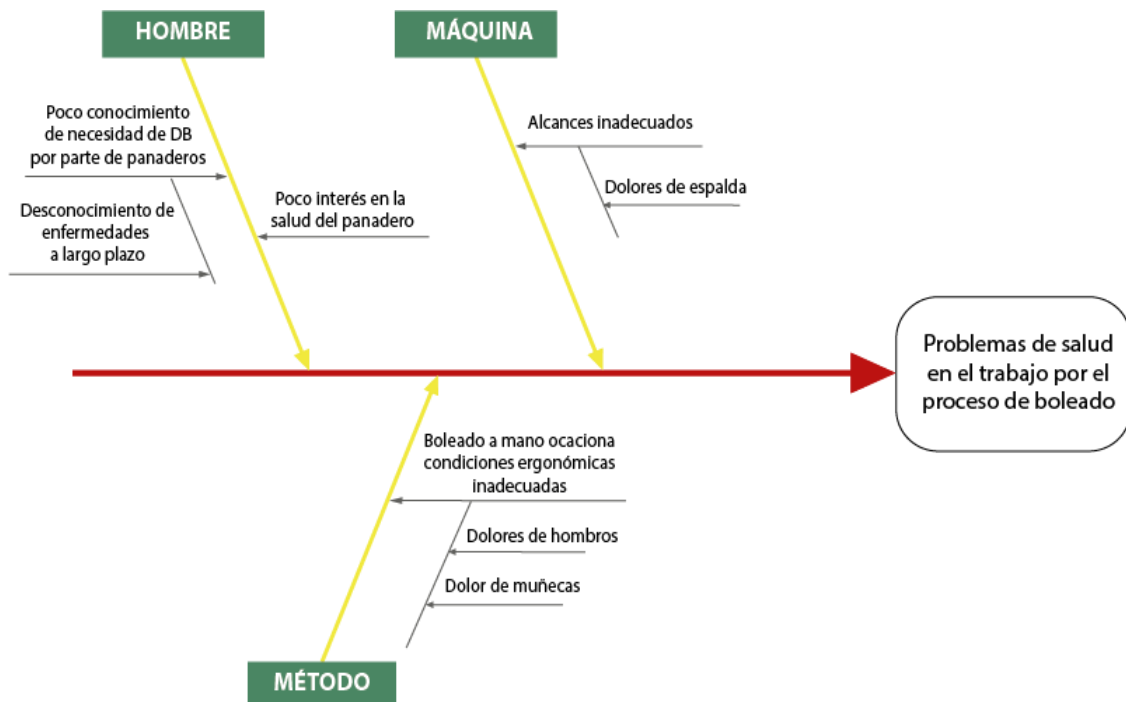


Figura 36: Diagrama Ishikawa de problemas de salud debido al proceso de boleado manual

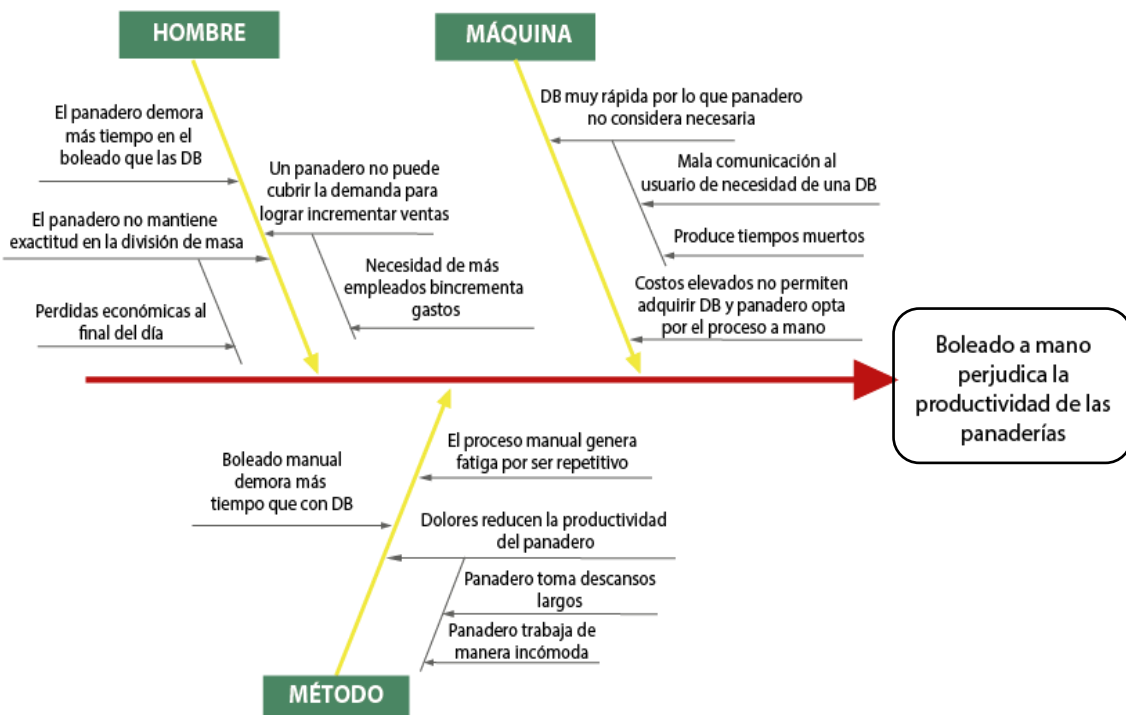


Figura 37: Diagrama Ishikawa de problema de productividad por boleado manual

1.2.5 Definición de las necesidades de los usuarios

Gracias al análisis conjunto con los usuarios se han determinado 12 necesidades específicas para el diseño de la divisora boleadora, los cuales son:

1. Aplicación de tecnologías accesibles en el Ecuador.
2. Bajo costo de fabricación y venta al público de la divisora boleadora
3. Reducción de tiempo de trabajo en el proceso de división y boleado.
4. Exactitud en la cantidad de número de bolas por porción de masa.
5. Adaptación al percentil ecuatoriano.
6. Mejoramiento de las condiciones ergonómicas que presenta el proceso de división y boleado manual.
7. Diseño con autonomía estructural y estabilidad.
8. Reducir los pesos y dimensiones que sean innecesarios para facilitar la manipulación del objeto.
9. Reducir el contacto con la masa para volver más higiénico al proceso.
10. Permitir la modificación del peso de masa boleada (las diversas panaderías utilizan de 60 a 70gr de masa por pan)
11. Disminuir los errores de uso por mal entendimiento
12. Mejorar la relación del panadero con su equipo de trabajo.

1.2.6 Requerimientos de los usuarios

Una vez especificadas las necesidades de los usuarios, las condiciones ergonómicas que se presentan en el proceso de división y boleado manual, y los requisitos que debe cumplir legalmente un equipo para la industria alimenticia, se ha concluido con un cuadro de requerimientos específicos para el desarrollo de un diseño eficiente.

Tabla 5:

Cuadro de requerimientos de los usuarios

Árbol de necesidad	Requerimientos	Métricas objetivas
Aplicación de tecnologías alternativas accesibles	Tecnología: Usar materiales accesibles en el país	Porcentaje (%) de uso de materiales accesibles

Bajo costo de fabricación y venta al público	Costos: Disminuir los costos de producción del objeto	Hasta un PVP de 5.000\$
Reducción tiempo de trabajo	Viabilidad: Acortar el tiempo del proceso de boleado	De 1 a 2 minutos por cada 30 bolas de masa boleadas
Exactitud en la cantidad de número de bolas por porción de masa	Funcional: Elaborar un número exacto de bolas por porción de masa boleada.	10% máximo de margen de error
Adaptación al percentil Ecuatoriano	Usabilidad: Adaptar el diseño a las medidas antropométricas de los percentiles del Ecuador	5% y 95% percentil
Mejoramiento de las condiciones ergonómicas en el proceso de división y boleado manual	Ergonomía: Mejorar las condiciones ergonómicas del panadero	Porcentaje (%) de malestares resueltos
Diseño con autonomía estructural y estabilidad	Utilidad: Utilizar estructuras apropiadas	Buena - Media - Mala
Reducir pesos y dimensiones innecesarias para facilitar su manipulación	Forma: Facilitar el transporte e instalación	Fácil - Medio - Complejo
Higiénico	Usabilidad : Aminorar el contacto de la masa con las manos	Poco - Medio - Alto
Permitir la modificación de la dimensión de masa boleada	Forma: Permitir la variación de dimensiones de masa boleadas	De 60 a 70 gr por bola de masa
Disminuir los errores de uso por mal entendimiento	Forma: Utilizar interfaces de fácil comprensión	Fácil - Medio - Complejo
Mejorar la relación del panadero con su equipo de trabajo	Usabilidad: Fortalecer la vinculación entre hombre-máquina	Buena - Media - Mala

1.2.6.1 *Requerimientos principales*

Tabla 6:

Cuadro de requerimientos principales

	Requerimientos	Métricas objetivas
1	Disminuir los costos de producción del objeto	De 2000\$ a 5000\$

2	Acortar el tiempo del proceso de boleado	De 1 a 2 minutos por cada 30 bolas de masa boleadas
3	Elaborar un número exacto de bolas por porción de masa boleada.	10% máximo de margen de error
4	Mejorar las condiciones ergonómicas del panadero	Porcentaje (%) de alcances, cargas y posiciones establecidas
5	Facilitar el transporte e instalación	Fácil - Medio - Complejo
6	Permitir la variación de dimensiones de masa boleadas	De 60 a 70 gr por bola de masa

Dentro de los requerimientos de los usuarios no se han colocado los requisitos de la maquinaria para el procesado alimenticio, ya que no es una necesidad del usuario como tal, pero se deberán implantar todos los aspectos investigados sobre este tema en el desarrollo del diseño.

1.2.7 Requisitos del proyecto

1.2.7.1 Producto

- ¿Qué se diseñará?

Diseño de una divisora boleadora de fácil uso, fabricación y comprensión que se adapte a las necesidades específicas de las panaderías de producción mediana y que cumpla con los requerimientos del comitente.

- ¿Qué se espera del objeto?

Competir con las divisoras boleadoras existentes en el mercado en términos de tiempos empleados en el proceso, división de porciones de masa en iguales cantidades que mejoren la exactitud de panes elaborados diariamente, mejoramiento de las condiciones de trabajo del panadero, disminución del precio de venta al público y adaptación de la máquina a las medidas antropométricas del percentil ecuatoriano.

- ¿Qué no se debe hacer?

1. Incumplir los requisitos puntuales que dicta la norma UNE-EN ISO 1672-2
2. Utilizar materiales o procesos de fabricación que incrementen los costos.
3. Desarrollar un objeto de difícil manipulación
4. Producir condiciones de trabajo inadecuadas

- ¿Tecnología disponible para la producción?

Todo tipo de material aplicable a la industria alimenticia que permita mantener el objetivo de disminución de los costos de fabricación que se puedan realizar dentro del país.

- ¿Qué requisitos legales debe cumplir?

Ya que es un producto para la industria alimenticia, los materiales que estén en contacto con la masa deberán ser aptos para este proceso y los elementos de la máquina que requieran de limpieza deberán ser de fácil accesibilidad, tener superficies con una rugosidad de acabado máximo de 0,8 μm , tener geometrías que no lo dificulten y de fácil desmontaje en caso de ser necesario.

- ¿Cuál es el volumen de producción previsto?

Proba manifestó que para iniciar con el plan de ventas se requerirá un mínimo de 100 divisoras boleadora para identificar como es la acogida de la nueva divisora boleadora en el mercado.

1.2.7.2 Público Objetivo

- **Edad**

De acuerdo a las observaciones y datos proporcionados por Proba el rango de usuarios panaderos en el país está dentro de los **18 a 64** años de edad, y es mayoritariamente **masculino**.

- **Poder Adquisitivo**

Ya que uno de los objetivos es diseñar una máquina más económica que las que hay en el mercado, el poder adquisitivo es **alto**.

- **Oficio**

Panadero

- **Tipo de producción**

Producción mediana de pan (entre 1300 a 5000 panes diarios)

- **Ubicación**

Ecuador

- ¿Cómo decide el usuario en relación al producto ofertado por sobre otros?

El panadero decide principalmente en términos de funcionalidad, puesto que a pesar de que el usuario distingue el producto según la dinámica de percepción, en una posterior exploración analítica se enfoca en las funciones prácticas funcionales que se relacionan con sus necesidades inmediatas, plasmadas en el mensaje que transmite el objeto de acuerdo a su forma y eficacia de funcionamiento.

El cliente que compra el objeto de diseño (dueño de la panadería), decide en términos de calidad y costos; ya que no existe una buena calidad en fabricación de equipos nacionales para la producción alimenticia, el usuario decidirá de acuerdo a lo que el objeto transmita según sus tecnologías aplicadas para después concluir si el objeto de diseño es rentable para su tipo de negocio.

- ¿Qué desea el usuario?

Una herramienta que le ayude a elaborar bolas de masa de manera más efectiva, que no atente contra su salud y que mejore la exactitud de los pesos de las unidades de pan elaboradas por día.

- ¿Cómo se pretende afectar al usuario?

Llegando más allá de las expectativas del usuario, mediante la fabricación de una máquina fácil de usar que ayude al panadero en sus labores diarias en lugar de reemplazarlo, para lograr una mejor vinculación entre el la máquina y el operario.

1.2.7.3 Especificaciones del diseño de producto

Tabla 7:

Especificaciones del diseño de producto

PRODUCTO: Divisora boleadora para panaderías de mediana producción	
Rendimiento	Reducir el contacto de la masa con las manos
	Dividir en porciones iguales
	Elaborar un mínimo de 30 bolas en un máximo de 2 minutos
	No sobrepasar un margen de error del 10% en la división de masas
	Elaborar bolas de masa entre 60 a 70gr
	Soportar esfuerzos de tracción humana
	El objeto deberá tener gran estabilidad estructural
	Soportar la elaboración de 1200 a 4000 panes diarios
	Cubrir la demanda de aproximadamente 4500 panaderías
Mantenimiento	Las piezas que requieran limpieza se deberán poder desmontar
	Deberá ser de fácil limpieza de acuerdo a lo requisitos para maquinaria en la producción alimenticia
Procesos de manufactura	Utilizar procesos de fabricación accesible en el Ecuador
	Los costos de procesos de fabricación serán los más bajos posibles
	Diseñar piezas que en lo posible puedan ser fabricadas en serie
	Disminuir o eliminar el uso de metales fundidos
Cantidad	Fabricar aproximadamente 100 máquinas pilotos
Tamaño	Diseñar un objeto que ocupe el mínimo de espacio dentro de la panadería
	Las dimensiones del objeto serán adaptables a las medidas del espacio de trabajo del panadero

Peso	Utilizar pesos que no provoquen fatiga muscular
	Utilizar pesos que sean fáciles de manipular para su transporte y uso
Estética	La estética deberá ser acorde a las marcas que Proba importa
	Se deberá mantener una estética acorde a la industria alimenticia
Materiales	Utilizar materiales que cumplan con las normas de higiene en la maquinaria para la industria alimenticia
	Usar materiales accesibles en el Ecuador
	Utilizar materiales rugosidad de acabado máximo de 0,8 μm .
	Utilizar materiales de gran durabilidad
	Usar materiales ligeros
Tiempo de vida	Los materiales y procesos deberán ser de gran calidad para su mayor duración
	Los materiales deberán soportar la corrosión
	Proba deberá dar garantía de la durabilidad del objeto
	Las piezas que tengan desgaste deberán ser económicas para su reemplazo en caso de poco tiempo de vida de estas.
	Las piezas no se podrán intercambiar por otros materiales que no tengan las mismas características del material
Ergonomía	Generar un trabajo dinámico
	Acoplarse a las medias antropométricas del percentil ecuatoriano
	Considerar las alturas del panadero que intervienen en el proceso
	No exceder los alcances del usuario panadero
	Acoplarse a los ángulos máximos de movimientos articulatorios del panadero
	Prevenir posibles problemas de salud
	No exceder el trabajo repetitivo de una misma acción de 30 contracciones por minuto
Costos	No exceder el costo de venta al público de 5.000 dólares
	No superar los P.V.P de la competencia
Usuario	Utilizar interfaces de fácil entendimiento
	El objeto deberá ser fácil de usar

Capítulo 2

Desarrollo del proyecto de diseño

2.1 Diseño del concepto

A partir de la metodología del pensamiento analógico por modelos [véase marco metodológico], se parte con la generación de ideas en base a un análisis comparativo y relacional entre distintos modelos analógicos, con el fin de hallar características particulares que se puedan ajustar al contexto del proyecto.

2.1.3 Correspondencia de modelos analógicos

En este caso se presenta una situación deductiva, ya que se analizarán diferentes elementos comparándolos con las demandas previas de los usuarios para concluir cuales son las analogías más pertinentes al proyecto. Puesto que el proceso de dividir y el de bolear se desenvuelven de distinta manera se examinarán diversas analogías para cada proceso por individual.

Se han escogido cuatro distintos modelos de análisis para cada proceso que cuentan con características que pueden adaptarse a la finalidad del diseño. Para lograr con mayor objetividad la selección del modelo analógico con el que se trabajará se ha realizado un proceso evaluativo mediante un benchmarking, en el cual se ha interpretado algunos de los requerimientos de los usuarios como características que debe cumplir el modelo a analizar.

Para transpolar estos conceptos al proyecto, se ha recurrido a una situación de intrapolación, que según Sánchez (2006) consiste en “acudir a modelos de análisis del mismo contexto del proyecto” (p.87), ya que se tomarán analogías encontradas en el mundo artificial de equipos y maquinaria que cumplan con la acción de dividir y bolear en otros contextos de la industria alimenticia.

2.1.3.1 Analogías para el proceso de división

Tabla 8:

Benchmarking de las analogías del proceso de división

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Cortadora de huevos		Máquina para hacer galletas		Máquina para hacer churros		Formadora de pan baguette	
	EVALUACIÓN		EVALUACIÓN		EVALUACIÓN		EVALUACIÓN	
Uso de materiales accesibles en el Ecuador	4	Uso de: plástico y acero inoxidable	4	Uso de plástico únicamente	5	Uso de aceros inoxidable	5	Uso de aceros y aluminio
Uso de tecnologías para fabricación bajo	3	Uso de moldes para plásticos y doblado de aceros	5	Uso de moldes para elementos plásticos	4	Uso de soldaduras y moldes para láminas de acero	3	Uso de soldaduras y moldes para láminas de acero

Dividir el porciones iguales	2	Los cortes en los extremos podrían ser imperfectos por carencia de límites	3	Usa un sistema de embutido exacto y una división manual con guías	2	Se debe dividir manualmente a medida que sale la masa	5	Divide en porciones exactamente iguales
Posibilitar el intercambio de sus medidas originales	4	Se pueden cambiar sus dimensiones sin perjudicar su funcionalidad	3	Se pueden cambiar sus dimensiones pero podría incrementar su altura	2	Se pueden cambiar sus dimensiones pero podría incrementar su altura	4	Se puede disminuir mucho más sus dimensiones
No provocar esfuerzos humanos excesivos	4	El usuario solo puede usar una mano	5	El usuario debe ejercer poca fuerza de presión	3	Se debe rotar una palanca continuamente	4	Se debe ejercer presión hacia abajo
No generar una necesidad de estabilidad muy grande	3	El elemento es muy ligero	5	El objeto tiene una base para su estabilidad	3	La rotación de la palanca requiere de una estructura estable	4	Su función hacia abajo no requiere de gran estabilidad
Fácil de manipular	5	Objeto es fácil de transportar	5	Objeto es fácil de transportar	4	Objeto es fácil de transportar	3	El objeto tiene ruedas
Aminorar el contacto con las manos	5	El usuario toca la materia prima solo al colocarla	5	El usuario toca la materia prima solo al colocarla	5	El usuario toca la materia prima solo al colocarla	5	El usuario toca la materia prima solo al colocarla
Permitir la adaptación con masa para pan	2	La masa puede escurrirse por los canales de corte	3	La masa de pan es menos blanda y podría requerir mayor esfuerzo	3	La masa de pan es menos blanda y podría requerir mayor esfuerzo	5	El objeto también trabaja con masa para pan
Simplicidad de su proceso de división	5	Solo se requiere de un esfuerzo hacia abajo	4	Se requiere de un esfuerzo hacia abajo y corte manual	2	Se requiere de un mecanismo con engranes y palanca	5	Solo se requiere de un esfuerzo hacia abajo arriba
Generar una buena interacción con el usuario	3	El usuario realiza un único movimiento	5	El usuario genera un proceso dinámico	3	El usuario realiza un único movimiento	4	El usuario genera un proceso dinámico
TOTAL		40	47		36		47	

2.1.3.2 Analogías para el proceso de boleo

Tabla 9:

Benchmarking de las analogías del proceso de boleo

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Máquina de fabricación de carnada para pez		Tijeras para hacer albóndigas		Máquina para hacer albóndigas		Máquina lineal para fabricación de carnada	
	EVALUACIÓN		EVALUACIÓN		EVALUACIÓN		EVALUACIÓN	
Uso de materiales accesibles en el Ecuador	4	Uso de: acero fundido	5	Uso de: acero inoxidable	5	Uso de: polímero y acero inoxidable	4	Uso de: acero fundido
Uso de tecnologías para fabricación bajo	2	Uso de moldes para acero fundido	4	Uso de soldaduras y moldes para láminas de acero	4	Uso de piezas plásticas	2	Uso de moldes para acero fundido
Hacer mayor cantidad de bolas en menor tiempo	5	Elabora varias bolas de acuerdo a la longitud del rodillo	1	Elabora una sola bola a la vez	2	Elabora un bola a la vez continuamente	5	Elabora varias bolas de acuerdo a su largo y ancho
Posibilitar el intercambio de sus medidas originales	4	Se pueden cambiar sus dimensiones pero podría incrementar su longitud	5	Se pueden cambiar sus dimensiones sin perjudicar su funcionalidad	5	Se pueden cambiar sus dimensiones sin perjudicar su funcionalidad	4	Se pueden cambiar sus dimensiones pero incrementa su tamaño
No provocar esfuerzos humanos excesivos	3	Se debe rotar una palanca continuamente	4	El usuario solo puede usar una mano	3	Se usa una palanca continuamente	5	Se genera un esfuerzo de corta duración
Elaborar bolas bien formadas	5	Genera Bolas perfectas de igual dimensión	4	La bola genera rebabas	3	Las bolas tiene algunas anomalías	5	Genera bolas de igual dimensión
Fácil de manipular	4	Tiene dimensiones manipulables	5	Objeto es fácil de transportar	2	El mecanismo es muy grande	4	Tiene dimensiones manipulables
Aminorar el contacto con las manos	5	El usuario toca una vez la materia prima para generar varias bolas	1	El usuario toca la materia prima por cada bola que elabora	4	El usuario toca la materia prima solo al colocarla	5	El usuario toca una vez la materia prima para generar varias bolas
Permitir la adaptación con masa para pan	4	La masa podría pegarse al caer	3	La masa podría quedar capturada	4	La masa de pan podría funcionar bien	3	La masa puede escurrirse en los canales

Simplicidad de su proceso de boleado	5	Dos simples rodillos pueden bolear	4	Solo se requiere del esfuerzo de la mano	2	Utiliza un mecanismo muy complejo	5	Dos simples superficies pueden bolear
Generar una buena interacción con el usuario	5	El usuario genera un proceso dinámico	3	El usuario realiza un único movimiento	2	El usuario solo coloca la masa y la máquina hace el trabajo	5	El usuario genera un proceso dinámico
TOTAL		46		39		36		47

2.1.4 Decodificación de las analogías

En el siguiente análisis se deconstruirán las analogías que resultaron más eficientes hacia el contexto del proyecto y se examinarán sus diversos elementos físicos y morfológicos para determinar la funcionalidad de cada uno, y lograr entender de mejor manera como se desenvuelven sus mecanismos.

2.1.4.1 Deconstrucción de analogías del proceso de división

La máquina para hacer galletas, se compone de 5 elementos que son: el contenedor, que como su nombre lo indica es el que contiene la masa a trabajar, la prensa manual, la cual empuja la masa hacia abajo para comprimirla, el extrusor, que es un elemento al final de la prensa que permite que la masa salga en forma de cilindros, la base deslizante, que es un elemento que permite que la masa se deslice hacia adelante a medida que sale por el extrusor y que tiene unas marcas que informan al usuario donde debe cortar posteriormente la masa, y el cortador, que es un elemento aparte que permite cortar los cilindros de masas en secciones iguales de acuerdo a las marcas de la base deslizante.

Este tipo de sistema a pesar de tener dos procesos para la división y existir la posibilidad de generar una división desigual de las porciones de masa por error humano al cortar los cilindros de manera incorrecta, cumple con la finalidad que es el dividir una cierta cantidad de masa en un número exacto de porciones.

Los inconvenientes que podrían encontrarse son que el usuario tenga que generar demasiada fuerza al ejercer la presión con la masa correcta para pan, que al final del contenedor sobre una cantidad considerable de masa desperdiciada y que el objeto requiera de un incremento considerable de sus dimensiones al adaptarse a las necesidades productivas del panadero.

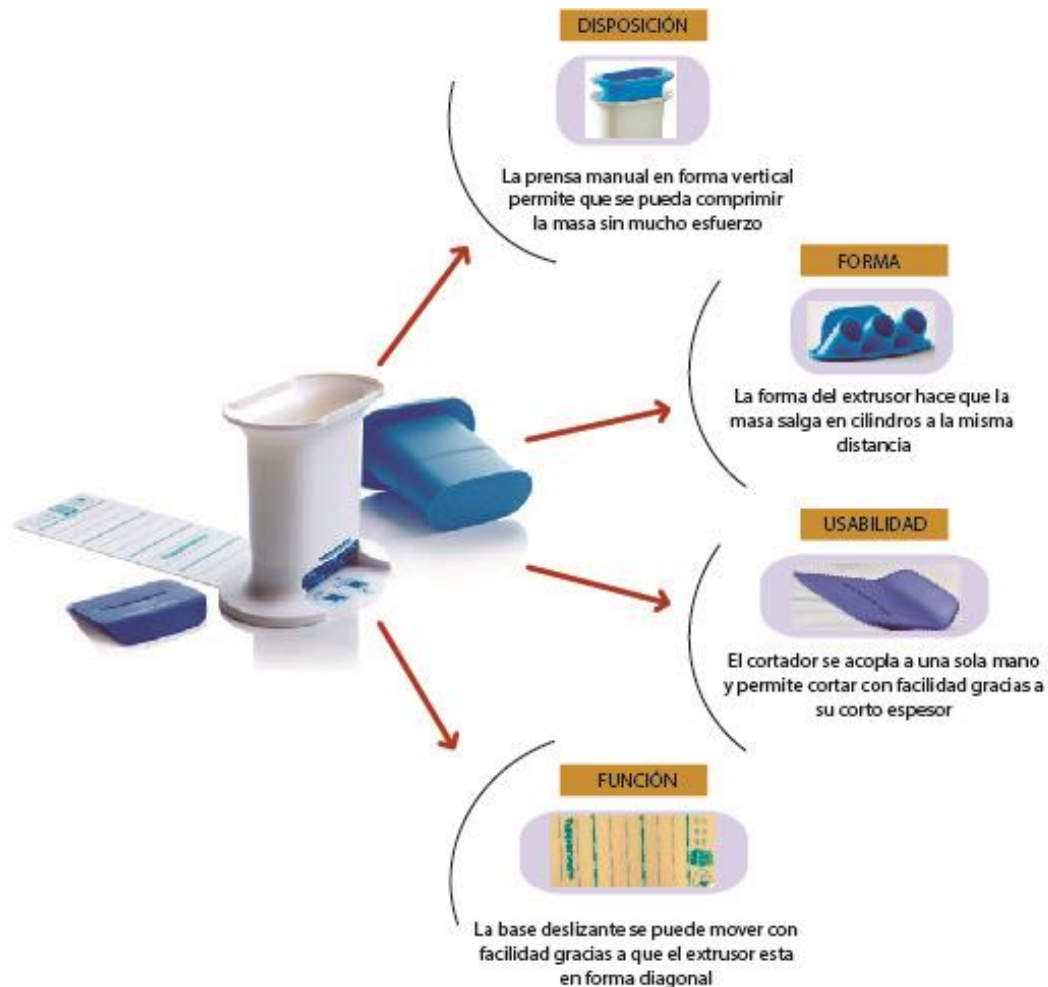


Figura 38: Deconstrucción de elementos de la máquina para hacer galletas

La formadora para pan baguette, a pesar de funcionar de manera automática tiene un sistema de división muy sencillo. El proceso consiste en colocar la masa en un contenedor, que es el cuerpo que le da estructura a toda la máquina, este contenedor tiene una base móvil que se desliza hacia arriba automáticamente y permite generar el proceso de compresión, división y formación de la masa. En primera instancia se baja una tapa lisa para que la base móvil comprima y distribuya toda la masa alrededor del contenedor a una misma altura y finalmente se baja una tapa formadora, la cual tiene unos canales que moldean y separan la masa en la forma y porciones deseadas una vez que la base la comprime contra esta hacia arriba.

Este mecanismo podría llegar a simplificarse, ya que utiliza una estructura demasiado grande solo por el hecho de ser un sistema automático pero que fácilmente podría evolucionar a un sistema más sencillo de utilizar. La gran ventaja es que puede transformar la masa en la forma que se desee al mismo tiempo que la divide en porciones iguales.

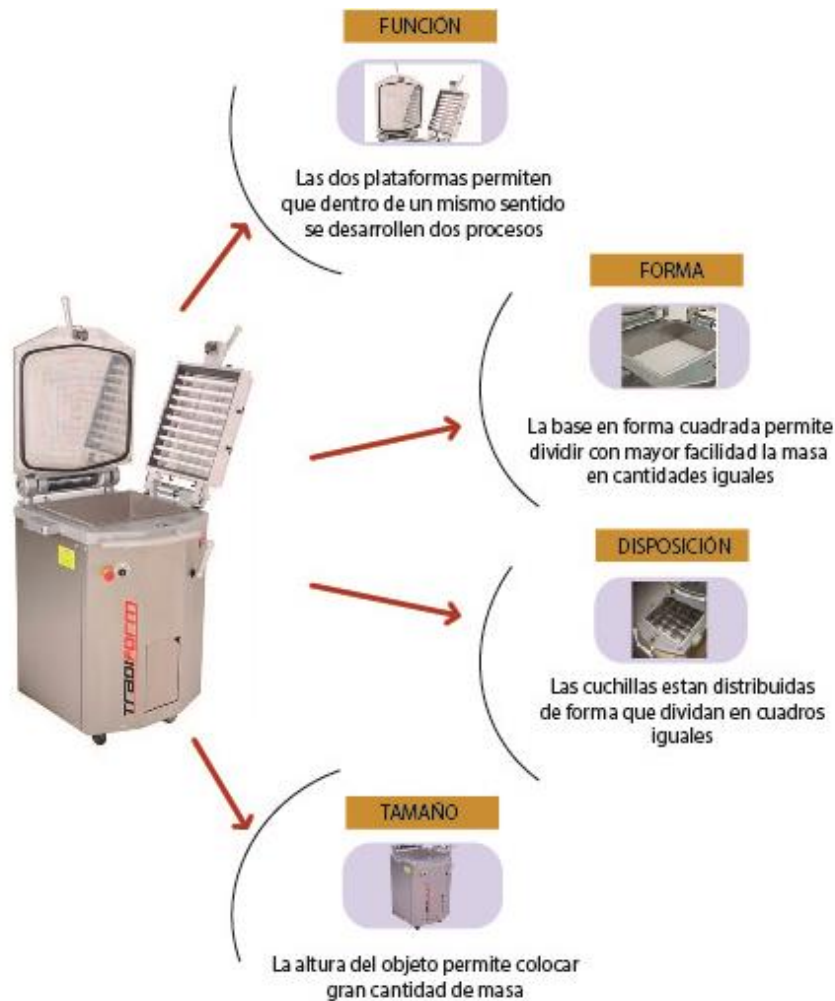


Figura 39: Deconstrucción de la formadora para pan baguette

2.1.4.2 Deconstrucción de analogías del proceso de boleado

La máquina para fabricación de carnada, consta de un sencillo mecanismo compuesto por dos rodillos conformados por varios canales en forma de semicírculos que permiten cortar un cilindro de carne que deberá ser colocado entre los dos, este sistema funciona mediante el uso de una palanca que gira sobre un mismo eje, lo que permite al usuario manipularlo con un solo movimiento continuo.

Las direcciones a las que giran los dos rodillos permiten que la masa se mantenga en el medio de los dos y que no caigan fuera de estos, el hecho de que cada canal este continuo al otro es debido a que esta cercanía permite que las formas semicirculares de los canales se dirijan hacia varias esquinas de gran filo, lo que posibilita que la masa pueda cortarse y dividirse en porciones iguales a medida que es boleada.

Los principales inconvenientes que presenta este tipo de sistema son que genera un movimiento continuo giratorio, que puede provocar que las bolas de masa se peguen al caer por la cercanía que mantienen estas, lo cual no pasa con la carnada ya que tiene menor humedad y pegajosidad que la masa, y por último que puede que la masa se deforme dentro de los cilindros antes de comenzar a ser boleada.

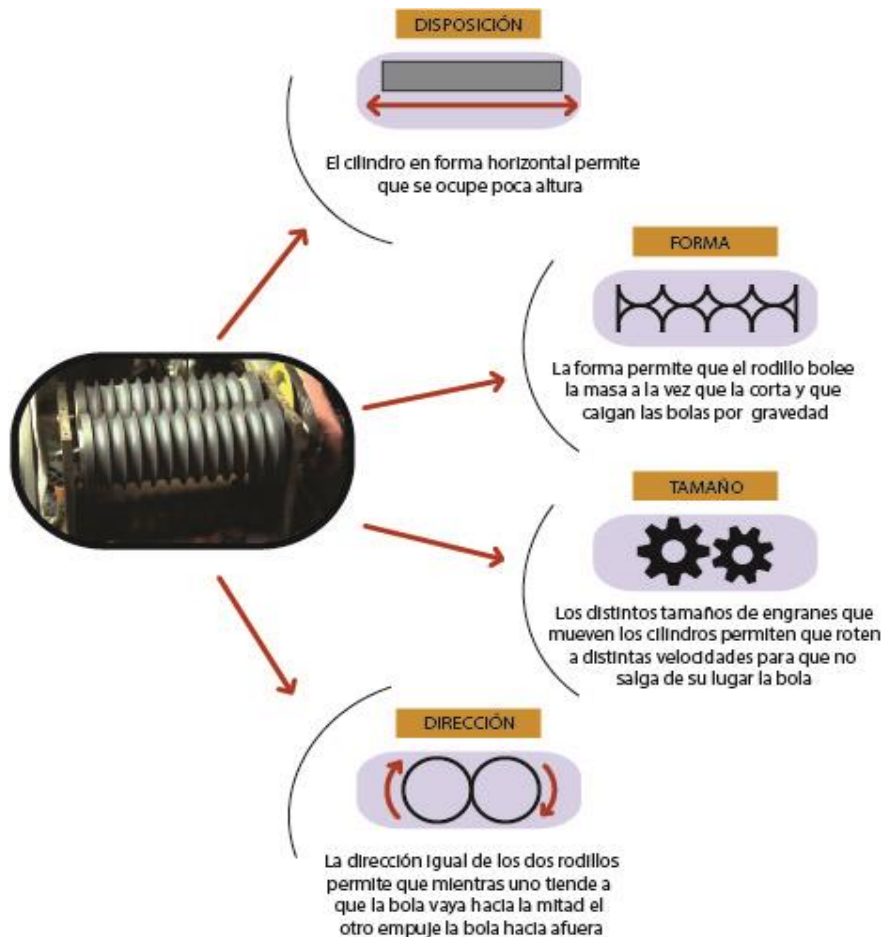


Figura 40: Deconstrucción de la máquina para hacer carnada

La máquina lineal para fabricación de carnada, funciona mediante un mecanismo muy sencillo en el cual se debe colocar un cilindro de masa que es extruido a través de un elemento individual, sobre dos superficies que tienen varios canales en forma de semicírculos y que se complementan. Al unir las dos superficies la carne se corta en partes iguales, y posteriormente para obtener las bolas se procede a deslizar de forma lineal una superficie contra la otra.

Uno de los grandes beneficios de este sistema es que permite colocar varios cilindros de masa sobre las superficies y tiene una gran cantidad de canales, lo cual logra que se elaboren una gran cantidad de bolas por lote.

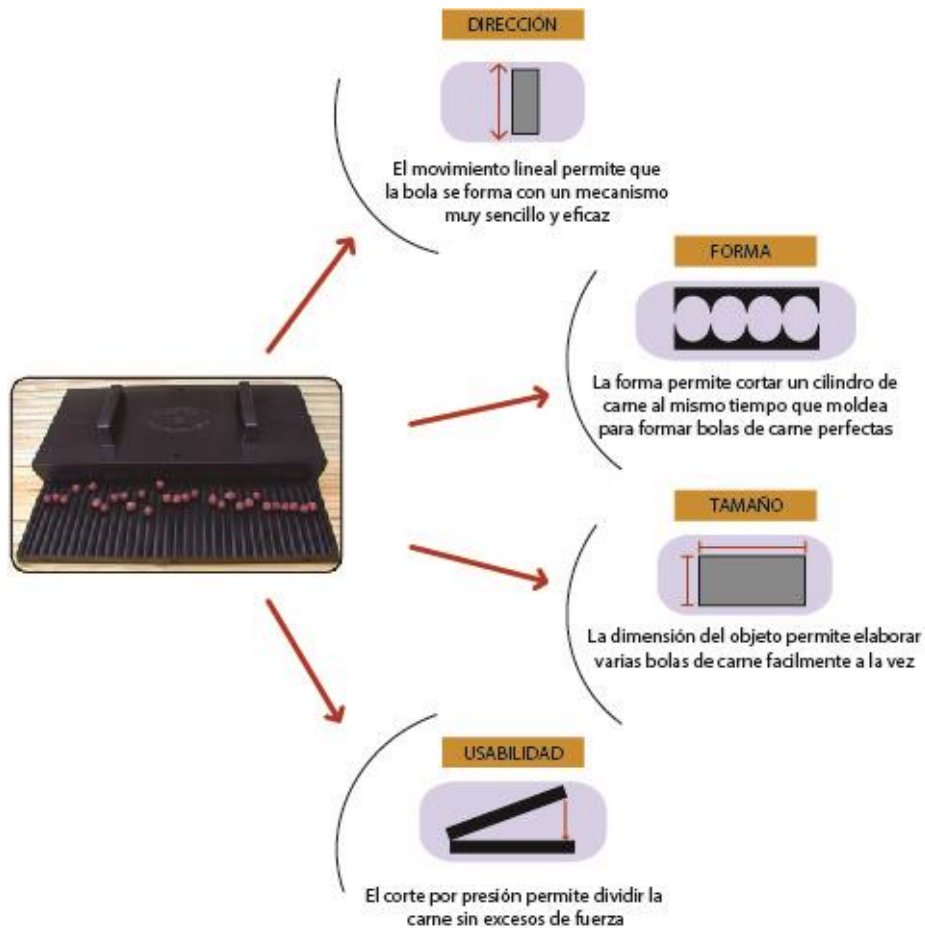



Figura 41: Deconstrucción de la máquina lineal para hacer carnada.

2.1.5 Interpretación de conceptos

De acuerdo a las características principales que definen y representan a cada objeto se han interpretado los conceptos respecto a la funcionalidad de cada una de las analogías estudiadas.

Tabla 10:

Interpretación de conceptos de las analogías de división

OBJETOS DE DIVISIÓN	CONCEPTOS
	<p>Objeto ligero manipulado por tracción humana, que funciona sobre una superficie cualquiera y que consta de varios elementos complementarios, que interactúan mediante diversos mecanismos dinámicos</p>
<p>Máquina para hacer galletas</p>	


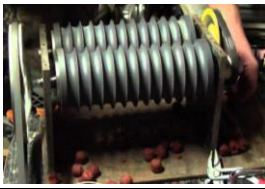

	<p>Objeto dinámico que utiliza varios mecanismos complementarios de gran sencillez, y que divide por un proceso de compresión sin dejar residuales</p>
<p>Divisora formadora</p>	

Tabla 11:

Interpretación de conceptos de las analogías de boleado

OBJETOS DE BOLEO	CONCEPTOS
	<p>Objeto de configuración sencilla y de fácil manipulación, que permite elaborar varias bolas a la vez mediante el uso de un movimiento continuo</p>
<p>Máquina para fabricación de carnada</p>	
	<p>Objeto de configuración sencilla y de fácil manipulación, compuesto por dos elementos complementarios que permiten bolear con el uso de un movimiento lineal.</p>
<p>Máquina lineal para fabricación de carnada</p>	

Los conceptos extraídos pueden adaptarse hacia el objetivo que se tiene para el diseño de la divisora boleadora, ya que poseen cualidades como la facilidad de manipulación y la utilización de mecanismos sencillos que pueden llegar a simplificarse hasta lograr adecuarse a los requisitos establecidos para el proyecto.

2.1.6 Abstracción del concepto de diseño

Para lograr la abstracción del nuevo concepto que corresponda al proyecto se debe tener una visión sistemática global, que incluya una gran variedad de datos de análisis para ampliar la complejidad de signos extraídos del mundo artificial y después reestructurarlos y dar las pautas al enfoque que tendrá el proyecto, con un diseño más innovador.

2.1.6.1 Traslado mimético

Es un proceso que nos permite evidenciar y proveer pautas generales para realizar el traslado desde el modelo de análisis hasta la propuesta de diseño (...). El proceso de traslado

mimético posee una tendencia morfológica propensa a la literalidad, sin embargo existe cierto grado de abstracción dirigido a las exigencias de uso del contexto (Sánchez, 2006, p.113)

Por esta razón, se han elaborado modelos de análisis que permitirán identificar las posibles prestaciones de los mecanismos funcionales de las analogías hacia el contexto del proyecto y aportar en la construcción mental de ideas.

Se realizó la construcción de la máquina para hacer galletas en acero, que conjunto con el modelado 3D en Inventor 2015 [fig.42], se pudo llegar a un aproximado dimensional para la elaboración de la misma cantidad de porciones de masa que realiza la divisora boleadora Ferneto (30 unidades), y ya que las bolas de masa varían de los 60 a 70 gr de peso, estas dimensiones fueron modificadas para contener un máximo de 2100gr de masa.

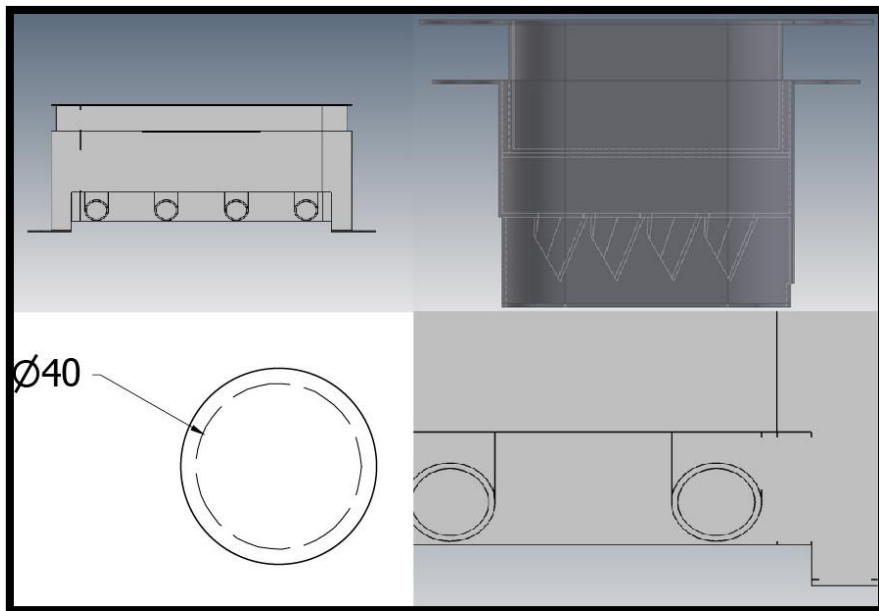


Figura 42: Esquema de la máquina para hacer galletas

Se concluyó que evidentemente como se había pronosticado en la deconstrucción de este modelo, que al ser utilizado con masa de pan se tiene que ejercer una fuerza excesiva para lograr extruir la masa por los orificios, y que al final del contenedor queda como remanente una cantidad excesiva de masa ya que su base tiene una gran área debido a la separación que debe haber entre los rollos que se generan.

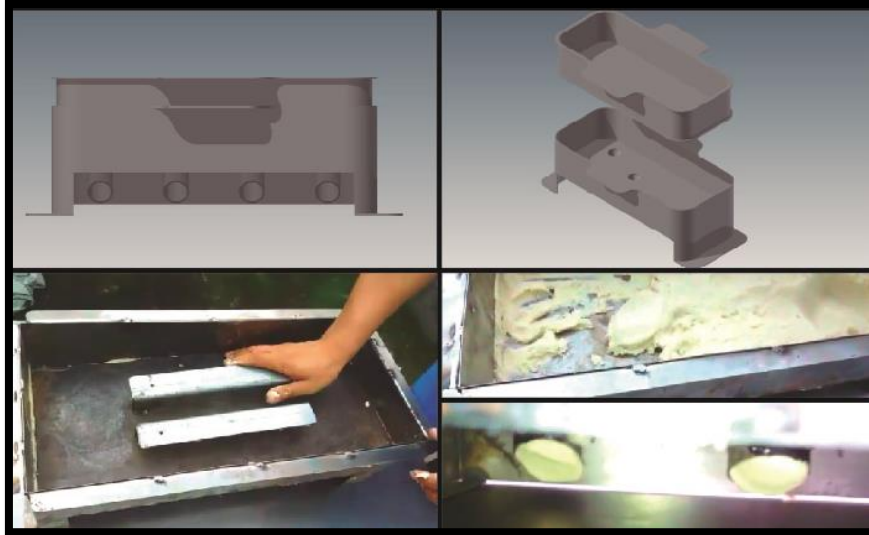


Figura 43: Modelo de análisis de la máquina para hacer galletas

Para la reproducción del sistema de la formadora de pan baguette, se elaboró un modelo en madera con dimensiones tales que pueden ajustarse a las medidas antropométricas de los brazos y manos [fig.44].

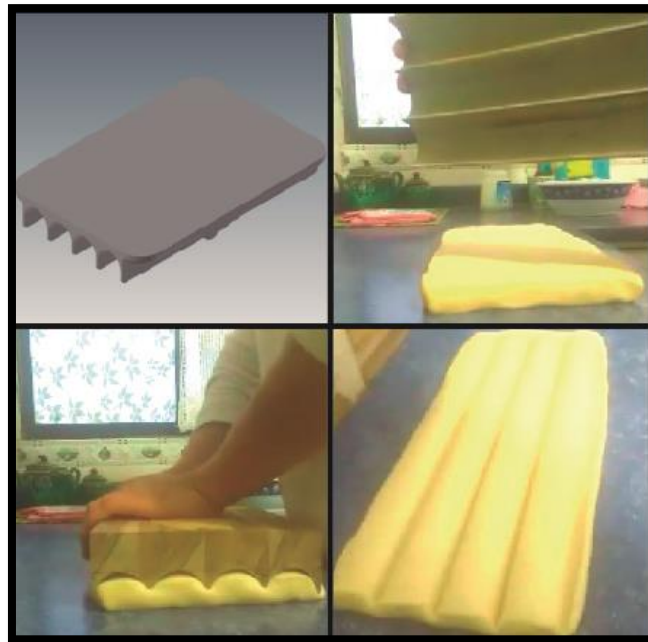


Figura 44: Modelo de análisis de la formadora de pan baguette

A pesar del cambio drástico de la apariencia de este modelo de análisis con la analogía original, el sistema de división es el mismo solo que se cambió la dirección de la fuerza para comprimir y dividir la masa ya que ahora el usuario ejerce una presión

hacia abajo, lo que en la formadora divisora funcionaba con la aplicación de una fuerza de abajo hacia arriba.

Se determinó de esta manera, que este sistema como se había evidenciado anteriormente en la deconstrucción de esta analogía puede ser simplificado al punto que el usuario pueda dividir la masa por tracción humana, lo cual vuelve a este modelo analógico el más pertinente al contexto de división de la masa del proyecto. El único inconveniente que presenta es que los canales no pueden tener una altura muy grande, ya que al momento de ejercer presión la masa puede quedar atrapada en el objeto. Este sistema, para su completa división podría combinarse con el sistema de separado que tiene la máquina para hacer galletas.

Para la construcción del sistema de la máquina para fabricación de carnada se realizaron dos rodillos en madera con dos canales separados estratégicamente para que las bolas de masa no se junten al caer. Este sistema de rodillos se sostiene sobre una estructura que permite girarlos a distintas velocidades gracias a la diferencia de tamaño de los ejes de rotación de cada rodillo [fig.45].

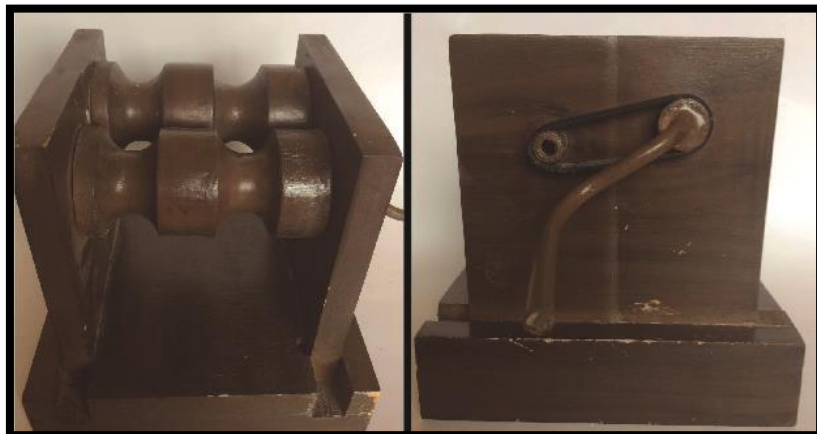


Figura 45: Modelo de análisis de la máquina para fabricación de carnada

Se logró visualizar que el boleado de la masa se logra gracias a que los rodillos generan que la masa gire en dos direcciones; uno de los rodillos empuja la masa hacia adentro y otro lleva la masa hacia afuera, lo cual permite que la masa rote continuamente en la mita de ambos, y una vez que tiene la forma de bola cae inmediatamente por gravedad entre los canales.

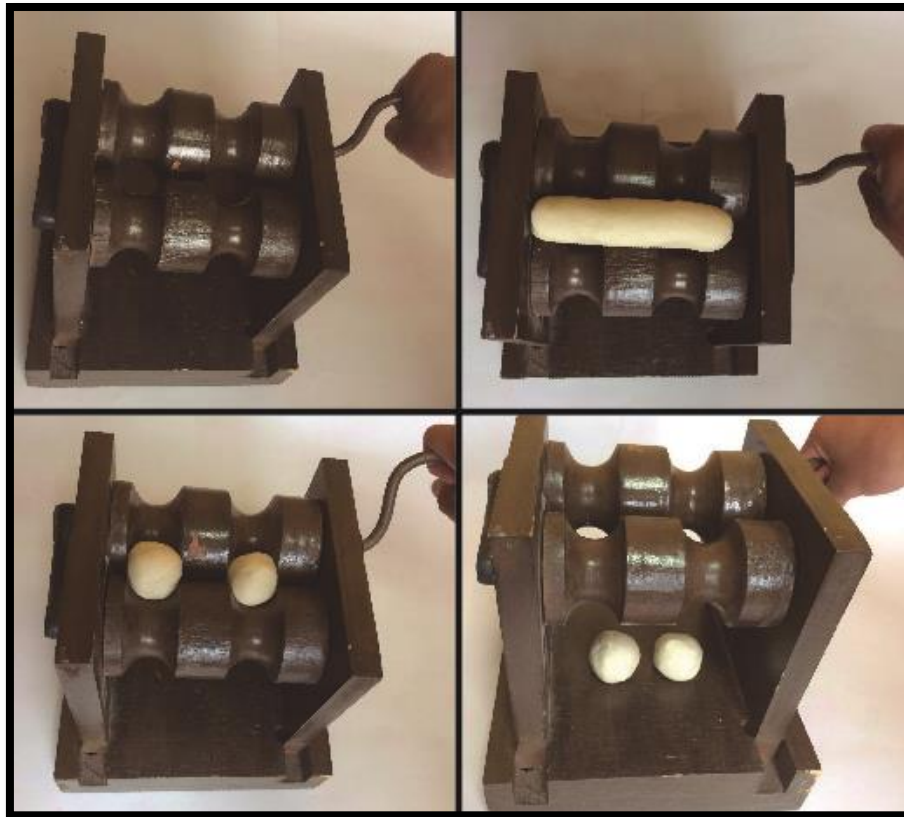


Figura 46: Sistema de uso de la máquina para fabricación de carnada

El modelo determino que este sistema puede generar bolas de masa de manera eficaz pero que su proceso para cortar y dividir no corresponde con el tipo de masa que se desea trabajar, ya que como se deben separar los canales que forman las bolas para que estas no se peguen no se generan en la máquina las esquinas de filo para corte que tiene la analogía original. Para reemplazar este proceso de corte se podría recurrir a un sistema que permita que caigan pedazos de masa exactamente en cada canal de boleo, los cuales podrían funcionar con un proceso de embutido accionado por palanca en un sistema de engranes tal como funciona la máquina para hacer churros [véase tabla 8], como se ha representado en la figura 47 con la ayuda del modelado 3D en Inventor 2015.

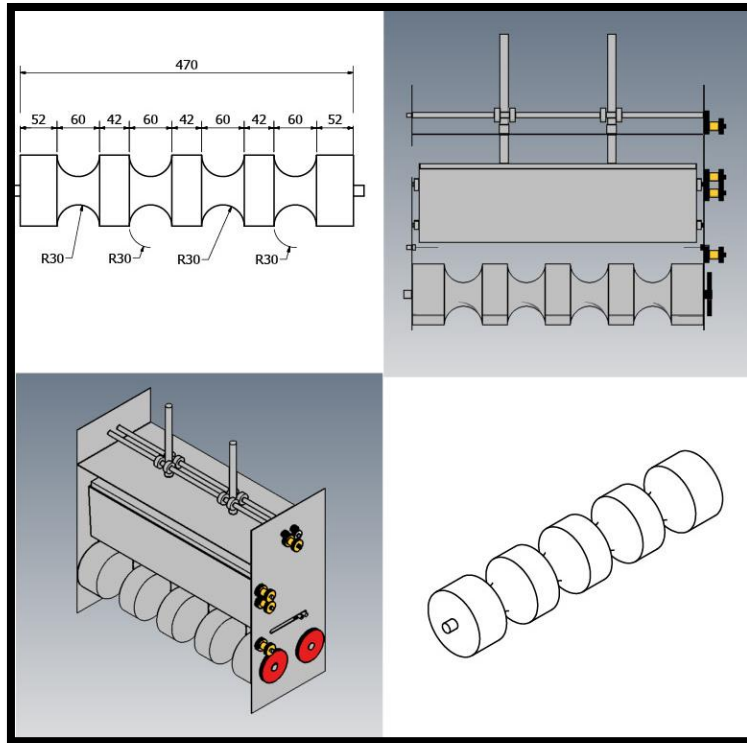


Figura 47: Hipótesis de sistema que combina la división por mecanismos de engranes y rodillos de boleó

Para la construcción del modelo en base a la máquina lineal para fabricación de carnada se determinó el diámetro de las circunferencias de los canales para lograr formar bolas de 65 gr, la longitud del modelo está dada para lograr colocar aproximadamente 3 cilindros de masa sin que se peguen sobre 5 canales y así lograr elaborar 15 bolas de masa en un mismo proceso, como se demuestra en la figura 48.

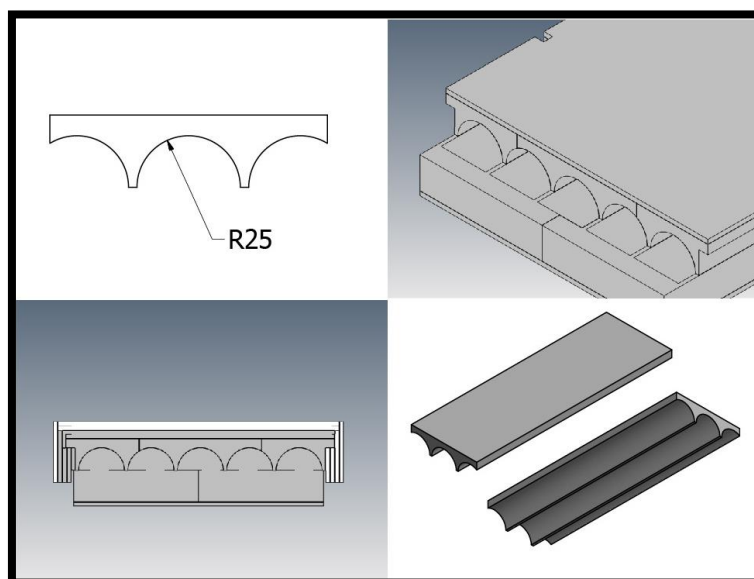


Figura 48: Esquema de la máquina lineal para fabricación de carnada

El modelo se elaboró en madera con la ayuda del mecanizado en CNC y fue tratado de manera que los canales fueran lo más lisos posibles para evitar que la masa se pegue en los canales.

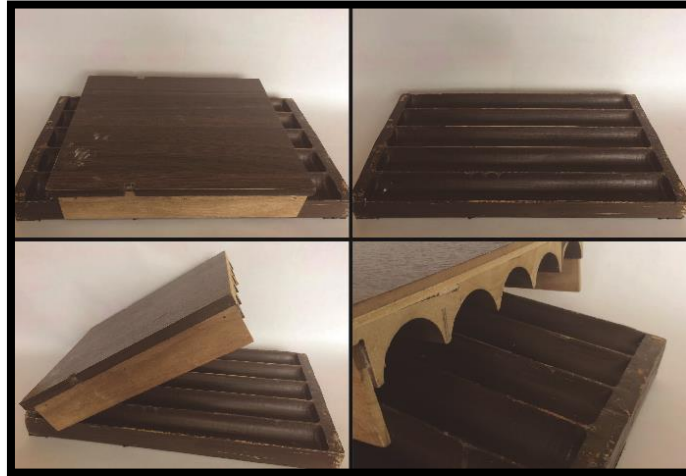


Figura 49: Modelo de análisis de la máquina para fabricación de carnada

Se determinó que este sistema de boleo puede elaborar bolas de masa perfectas de manera muy sencilla y que al mismo tiempo logra cortar los cilindros de masa en porciones iguales al presionar una superficie contra la otra [véase fig.50]. El único inconveniente es que si se deja reposar la masa por un corto tiempo esta se deforma y se distribuye de manera desigual en los canales.

Por tanto este modelo analógico es el que mejor permite generar bolas de masa perfectas con un sistema sencillo, aunque debería poder simplificarse aún más.

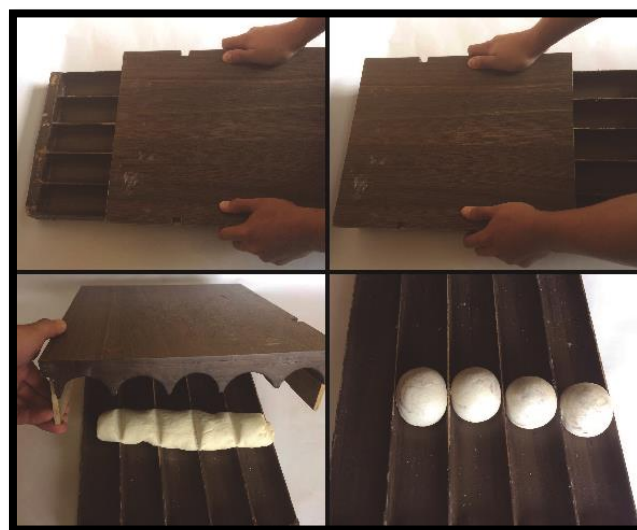


Figura 50: Sistema de uso de la máquina para fabricación de carnada

Gracias a los modelos reproductivos de análisis de las analogías que posibilitan las acciones de dividir y bolear, se ha logrado identificar que el concepto de división de la máquina para fabricación de pan baguete y el de boleado de la máquina lineal para fabricación de carnada son los más eficientes al momento de cumplir con su funcionalidad en el contexto de la panadería.

Se identificó que todos los mecanismos analizados trabajan con un sistema activo de suministro de masa por medio de cilindros o rollos de esta; esto permite que el proceso de división se desenvuelva de forma dinámica, en donde existen momentos de división de la masa en secciones iguales y corte de porciones en cantidades iguales.

Se han evidenciado ciertas características particulares que estos modelos comparten y que definen a sus conceptos, como son:

- a. **Mecanismos simples** que utilizan pocos elementos constructivos.
- b. Sistemas que se prestan para funcionar mediante **tracción humana**.
- c. Sistemas que generan diversos **procesos dinámicos**.
- d. Estructuras que se pueden simplificar a una **fácil manipulación**.
- e. Sistemas que transmiten un sentido de **apropiación** hacia e objeto, gracias a su uso interactivo.

2.1.6.2 Tipologación

La Tipologación propone el desarrollo de ejercicios de exploración sobre un mismo comportamiento conceptual y morfológico propuesto, es decir, busca desarrollar variadas representaciones formales del mismo significado o variadas expresiones y modificaciones de una forma (Sánchez, 2006, p.117).

Para conseguir un diseño final de gran innovación se ha decidido indagar más en el análisis de los mecanismos que usan las máquinas divisoras y boleadoras que existen en todo el mercado de la industria panadera, para posteriormente poder combinarlos con los conceptos analizados de las analogías que mejor correspondieron al contexto del proyecto; de esta manera no nos resignaremos a las primeras ideas propuestas y se logrará desarrollar nuevas modificaciones formales.





Cabe recalcar que el análisis tipológico no fue desarrollado en el capítulo 1 ya que no existe una competencia directa de divisoras boleadoras dentro del país, pero para el proceso de diseño es oportuna la examinación de los diversos equipos que oferta el mercado internacional para ayudar en la generación de ideas más innovadoras.

2.1.6.2.1 Referencias tipológicas

Con el objetivo de tomar como referencia la máquina divisora boleadora que mejor se adapten a las necesidades de los usuarios, se han comparado mediante un benchmarking las 4 máquinas con el sistema de división y boleado más innovador encontradas.

Tabla 12:

Benchmarking de las tipologías

NECESIDAD	EVALUACIÓN	DB de espiral	EVALUACIÓN	DB de banda lineal	EVALUACIÓN	DB de tornillo sin fin	EVALUACIÓN	DB de banda diagonal
								
Aplicación de tecnologías alternativas accesibles	2	Se utilizan láminas de aluminio y acero	4	Utilización de láminas, perfiles de acero inox y tela de lino	5	Utilización de láminas y perfiles de acero inox	4	Utilización de láminas, perfiles de acero inox y tela de lino
Bajo costo de venta al público	2	Proceso de ensamblaje muy complejo	5	Estructura sencilla con materiales económicos	2	Proceso de ensamblaje muy complejo	5	Uso de elementos estructurales sencillos
Reducción tiempo de trabajo	2	Se debe colocar los pedazos de masa manualmente	4	No se pierde tiempo colocando masa por cada carga	5	El proceso obliga al panadero a sacar las bolas con rapidez	2	Demora más que el proceso manual
Exactitud en la cantidad de número de bolas por porción de masa	1	La masa se divide manualmente y provoca inexactitud	4	Divide la masa en porciones iguales	4	Divide la masa en porciones iguales	1	La masa se divide manualmente y provoca desproporción
Posibilidad de adaptación al percentil ecuatoriano	3	Se debe colocar grandes pesos por arriba	3	Se debe colocar grandes pesos por arriba	5	No utiliza alcances inadecuados	5	Se adapta a cualquier realidad por su tamaño
Adaptación a condiciones ergonómicas en el campo laboral	3	Provoca esfuerzo inadecuado al colocar la masa	3	Provoca esfuerzo inadecuado al colocar la masa	5	No provoca esfuerzos ni posiciones inadecuadas	5	No provoca esfuerzos ni posiciones inadecuadas

Diseño con autonomía estructural y estabilidad	3	Tiene una gran estructura que podría simplificarse	4	El movimiento de banda no requiere de una estabilidad grande	3	Tiene una gran estructura que podría simplificarse	5	Tiene una estructura ligera y estable
Fácil de transportar e instalar	1	El objeto es muy grande	5	El objeto es ligero	2	El objeto pesado	5	El objeto es ligero
Higiénico	2	El usuario tiene que cortar la masa manualmente	5	El usuario solo toca la masa para abastecer	5	El usuario solo toca la masa para abastecer	2	El usuario tiene que cortar la masa manualmente
Permitir la modificación de la dimensión de masa boleada	5	Se puede colocar masas de diferente peso	5	Se puede modificar el diámetro de las masas a bolear	1	Solo puede bolar masas de un mismo peso	5	Se puede colocar masas de diferente peso
Evitar el mal entendimiento de su uso	2	Sistema funcional muy complejo	5	Mecanismo sencillo	4	El usuario no interviene en el proceso	5	Mecanismo sencillo
Mantener una buena interacción con el usuario	2	La máquina hace todo el trabajo	5	El usuario trabaja conjuntamente con la máquina	2	La máquina hace todo el trabajo	5	El usuario trabaja conjuntamente con la máquina
TOTAL		28	52		43		49	

Los resultados del análisis comparativo nos demuestran que la divisora boleadora de banda lineal se adapta de mejor manera a las necesidades de los usuarios del Ecuador, por tanto cabe elaborar un mejor análisis de sus elementos para detectar sus características positivas y negativas.

2.1.6.2.1.1 *Análisis de divisora boleadora de banda lineal*

Este tipo de divisora boleadora varía mucho entre las distintas marcas pero mantiene 5 elementos principales que lo definen, las cuales son: La prensa, el extrusor, el brazo direccional de masa, la banda sin fin, y el regulador de dimensiones de masa.

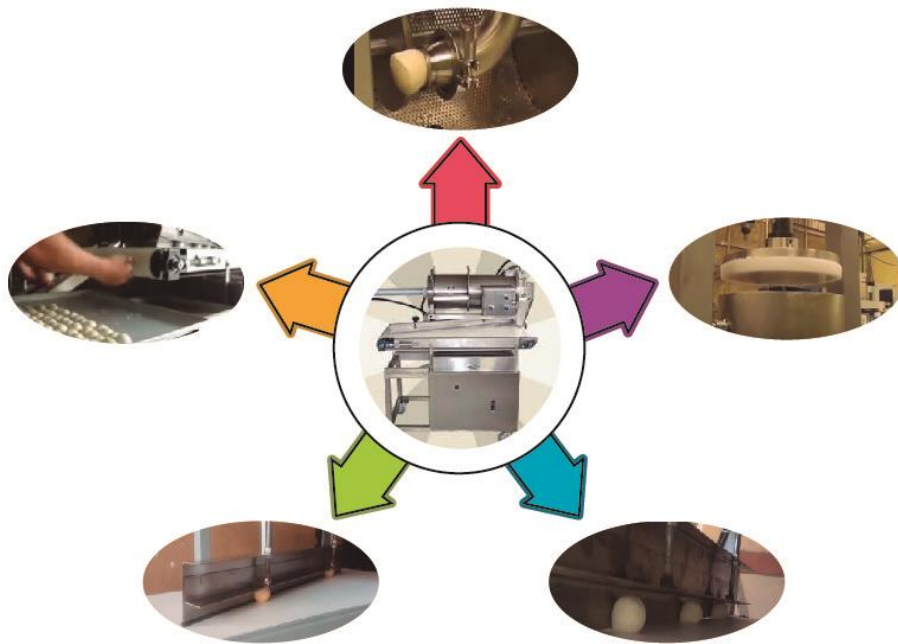


Figura 51: Elementos principales de la divisora boleadora de banda lineal

La prensa [fig.52] tiene la función de empujar la masa hacia abajo dentro del contenedor para después pasar por el extrusor, este proceso permite utilizar grandes cantidades de masa dentro del contenedor al ser mecanizado, ya que si la fuerza fuera ejercida por el usuario, no se podrían poner demasiados kilos de masa debido al esfuerzo que implicaría hacia el usuario.



Figura 52: Prensa de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2013 por Manufacturas Lenin

El extrusor [fig.53] es un brazo pequeño por el cual pasa la masa, que a lo largo de su longitud va tomando la forma y diámetro que tendrá la masa a bolear; para lograr dividir cada masa en porciones iguales existe una cuchilla que gira alrededor de su propio eje, que esta sincronizada con la prensa para que a medida que esta embute la masa hacia abajo la cuchilla gira a una velocidad determinada. Estos dos primeros

elementos son los encargados del proceso de división de la máquina y pueden ajustarse para que el usuario pueda variar la proporción de las masas que requiera para su negocio, únicamente cambiando la velocidad de la cuchilla o de la prensa.



Figura 53: Extrusor de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2013 por Manufacturas Lenin

El brazo direccional de masa y la banda sin fin [fig.54] son dos elementos que trabajan conjuntamente, a medida que la banda se desplaza a una velocidad determinada para conducir la masa hacia el final de esta en una misma dirección, el brazo direcciona la masa hacia otra ya que está colocado diagonalmente sobre la banda, lo que ocasiona que la masa sea arrastrada en varias direcciones y así comience a rotar en distintas posiciones, para que poco a poco comience a tomar la forma de bola. Lo interesante es que el brazo no consta de ninguna forma semejante a una esfera o un círculo, y que lo único que transforma la masa amorfa en una bola es su desplazamiento en más de una dirección.

Por el contrario, este tipo de función requiere que la banda tenga una gran dimensión que varía entre los 90 cm a 120 cm, lo cual vuelve a la máquina demasiado grande en su longitud como para ser usada en las panaderías del mercado hacia el que apunta el proyecto.



Figura 54: Brazo y banda de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2015 por Ruelas



Figura 55: Sistema de boleo de la divisora boleadora de banda. Copyright 2015 por Ruelas

Otro inconveniente que presenta este sistema de boleo es que obliga al usuario a estar al final de la banda, porque a medida que la masa se desplaza por la máquina el panadero tiene que recogerlas una por una, lo cual requiere de la concentración total del usuario para no dejar que las bolas caigan. También implica que debe existir otro operario para que prenda y pague la máquina, ya que si el mismo usuario lo hace las bolas podrían caer al piso.



Figura 56: Problema de salida de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2009 por Torcal S.A.

El regulador de dimensiones de masa [fig.57], consiste en un elemento lineal que se ajusta directamente al brazo direccional y es el encargado de presionar la masa contra la banda sin fin para ejercer una fuerza que obligue a la masa a tomar su forma. El regulador se puede ajustar en distintas medidas, de acuerdo a la dimensión de masa que se requiera en la panadería.



Figura 57: Regulador de dimensiones de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2015 por Ruelas

Por tanto se puede concluir ciertas características que engloban el concepto de esta divisora boleadora, que son:

- a. Sistema de boleo con **elementos lineales sencillos**
- b. **Boleo multidireccional** de la masa
- c. Uso de **mecanismos simples**

2.1.6.2.2 *Tipologación formal*

“La Tipologación formal se logra mediante la propuesta de evoluciones o gamas de la forma misma planteada, modificando el todo (la calidad morfológica) o alguna de sus partes (accidentes o cualidades)” (Sánchez, 2006, p.118).

Una vez que se ha obtenido un análisis más amplio de los distintos conceptos que engloban la acción de dividir y bolear en diversos ámbitos de la industria alimenticia, se ha determinado características combinadas entre las analogías y las tipologías estudiadas, que servirán como referente para la configuración de modelos conceptuales con patrones similares. Estas características son:

- a. Uso de mecanismos simples
- b. Funcionamiento mediante tracción humana
- c. Utilización de procesos dinámicos
- d. Facilidad de manipulación
- e. Apropiación al objeto por su uso interactivo
- f. Uso de elementos lineales sencillos
- g. Boleo multidireccional de la masa

A continuación se han elaborado varios modelos conceptuales que ayudarán a determinar si los patrones que se han determinado para la formulación del concepto pueden cumplir con su finalidad, y consecuentemente poder continuar con el desarrollo del diseño. Estos modelos fueron analizados conjuntamente con los panaderos Jaime Aguagallo y Juan Carlos Aúlla, que anteriormente colaboraron en el proceso de investigación de las necesidades de los usuarios.

En la elaboración del primer modelo conceptual [fig.58] se implanto literalmente todas las características conceptuales que se abstraieron anteriormente, puesto que este sistema combina la utilización de un mecanismo simple compuesto por una sola pieza con elementos lineales en forma de canales semicirculares, dispuestos de forma diagonal al cuerpo del objeto, que se puede usar contra una superficie cualquiera. Este modelo se diseñó para poder ser usado fácilmente mediante tracción humana, el usuario es el que manipula el objeto como una extensión de sus facultades para lograr elaborar las bolas de masa; de esta manera se ha logrado generar una vinculación entre el objeto y el usuario.

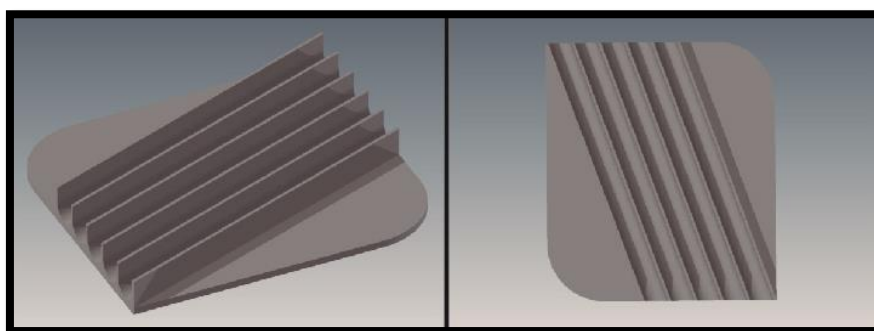


Figura 58: Esquema del primer modelo conceptual

El uso del modelo [véase fig.59] funciona con un movimiento continuo en un solo sentido, ya que el usuario debe deslizar el objeto de adelante hacia atrás de manera repetitiva para formar las bolas de masa. En primer lugar se debe colocar de 1 a 3 cilindros de masa sobre la superficie a trabajar, para cortarlos mediante la presión del objeto contra este, los cilindros deben estar dispuestos a cierta distancia para que al momento de realizar la acción del boleado las bolas de masa no se junten en el proceso.

Por último una vez realizado el corte por presión se sigue del movimiento continuo para generar las bolas; este proceso de boleado se logra gracias a los elementos diagonales y al movimiento lineal que realiza el usuario, ya que consigue que la masa se desplace a lo largo del objeto en varias direcciones lo cual produce que la masa comience a tomar la forma de una bola.

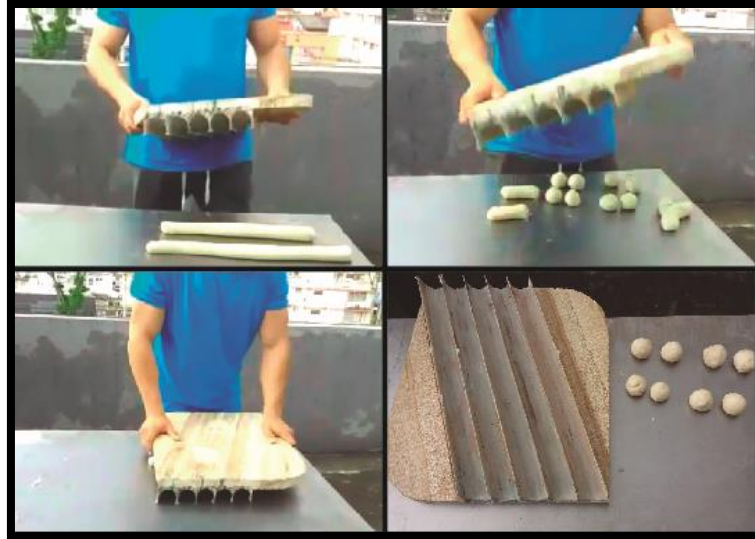


Figura 59: Proceso de uso del primer modelo conceptual

El segundo modelo se lo realizó digitalmente con la ayuda de inventor 2015 [fig.60], en el que se generó un sistema de doble cara para separar el proceso de división y boleado de manera que resulte funcional dentro de un mismo objeto. El proceso consiste en colocar la masa en la superficie de trabajo para ser presionada por tracción humana y que tome la forma de rollos con el uso de la cara superior, como se realizó con el modelo de análisis del sistema de la formadora de pan baguette [véase fig.44], luego se deben separar manualmente a cierta distancia y por último se gira el objeto a la cara que tiene los canales diagonales para cortar la masa en porciones iguales y posteriormente ser boleada, similar al proceso del primer modelo conceptual.

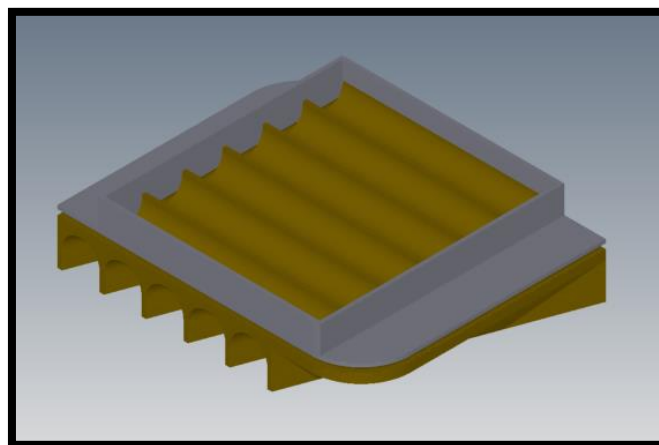


Figura 60: Segundo modelo conceptual digital

La elaboración del tercer modelo conceptual [fig.61] busca simplificar dimensiones y movimientos repetitivos como sucede en los dos primero modelos. Se propuso dos tipos

de canales con trayectorias diferentes para lograr detectar cuál de los dos logra con mayor eficiencia el boleado de la masa.

Se utilizó un sistema en zigzag para disminuir el número de movimientos en un solo sentido que realiza el usuario, ya que se pretende que con esta forma la masa rote en la mayor cantidad de direcciones posibles con un solo movimiento; esto también permitirá que las dimensiones del modelo disminuyan al no ser necesario que la masa recorra largas distancias para que gire en varias direcciones.

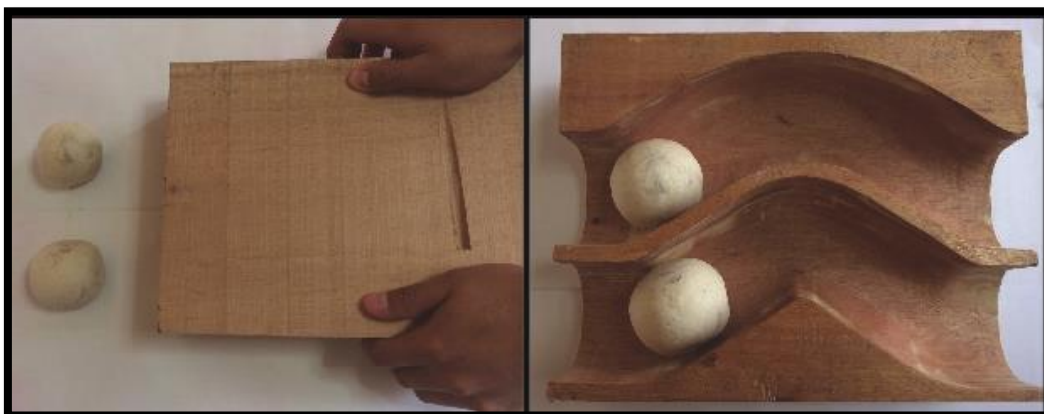


Figura 61: Tercer modelo conceptual

Se concluyó que este tipo de mecanismo en zigzag no permite que la masa recorra de manera adecuada por el canal puesto que en varias ocasiones la masa quedaba capturada dentro del modelo o resultaban bolas amorfas.

2.1.7 Concepto de diseño

De acuerdo a los criterios de los panaderos que intervinieron en este proceso de tipologación formal y las conclusiones que se obtuvieron del análisis de cada modelo, se determinó que el primer modelo conceptual es el más eficiente para continuar trabajando en su desarrollo y direccionarlo hacia una propuesta de diseño que se ajuste a todos los requerimientos de los usuarios.

Por tanto el concepto se fundamenta en el diseño de un máquina manual que utiliza mecanismos simples en base a elementos lineales sencillos para lograr ser manipulado fácilmente mediante tracción humana, como una extensión de sus capacidades, que genera procesos dinámicos para la acción de dividir y un sistema que permite el boleado multidireccional de la masa; todo esto para mejorar el sentido de apropiación del usuario hacia el objeto y vincularlos.

En consecuencia a las determinantes concluidas se ha resumido el concepto en una metáfora que abarca sinónimos de facilidad, sencillez, simplicidad y claridad: es el “pan comido”.



Figura 62: Diagrama del desarrollo del concepto

La metáfora como su concepto lo demuestra, es un tipo de analogía ya que nos permite relacionar elementos con alguna similitud de una manera más sutil. La metáfora del pan comido mucho más allá de connotar los términos antes expuestos se remonta al contexto tanto del país, al ser una frase usada popularmente, como al contexto del ámbito laboral de la panadería, al mencionar el principal producto de venta en esta, lo cual le da un mayor valor comunicativo con un mejor sentido de apropiación hacia la panadería. También el pan al ser el alimento básico alrededor del mundo se percibe como económico y que justamente es una de las características principales que debe transmitir el objeto en cuanto a su fabricación y precio de venta al público.

De esta manera la metáfora como concepto se utilizará como un vehículo para la configuración misma del objeto y así transmitir una información, y expresar e interpretar una realidad sensible y cultural.

2.2 Desarrollo del diseño

2.2.3 Modelos formales

Para desarrollar un diseño eficiente se han elaborado modelos formales que permitirán analizar y determinar la morfología y usos de ciertos elementos o partes del diseño final. Se ha decidido suministrar a todos los modelos la masa en forma de rollos,

como los hacen los diversos mecanismos de las analogías analizadas, puesto que esto permitirá desarrollar un proceso de división dinámico.

El primer modelo formal [fig.63] es un objeto boleador que se elaboró con el fin de identificar qué forma deberán tener los canales por los cuales recorren las masas a ser boleadas. Se realizó tres tipos de canales distintos en un mismo elemento por el cual pasará la masa, para identificar con exactitud qué forma logra elaborar una bola perfecta con un mismo tipo de movimiento en sentido lineal.



Figura 63: Primer modelo formal

El primer canal tiene la forma de un semicírculo a lo largo de toda su longitud, el canal del medio tiene una ligera apertura de 1cm entre sus paredes para identificar si es necesario un espacio mayor para que la bola recorra libremente por el canal sin que se presente el inconveniente de quedar atrapada, y el tercero es un canal que comienza con la forma de un semicírculo y termina en forma de un semicírculo con una de sus esquinas con un ángulo menor, para que al desplazarse la masa se comprima aún más en el canal y bolee de mejor manera.

Todos los canales comienzan en el extremo frontal con una forma en dirección al sentido del movimiento lineal que se realizará, con el fin de determinar si aporta en la salida de la masa con una forma redonda mejor elaborada, de igual manera todos los

canales tienen paredes extruidas a sus extremos que les permiten ganar altura para que la masa pueda desplazarse con facilidad y formar la bola de manera adecuada [fig.64].

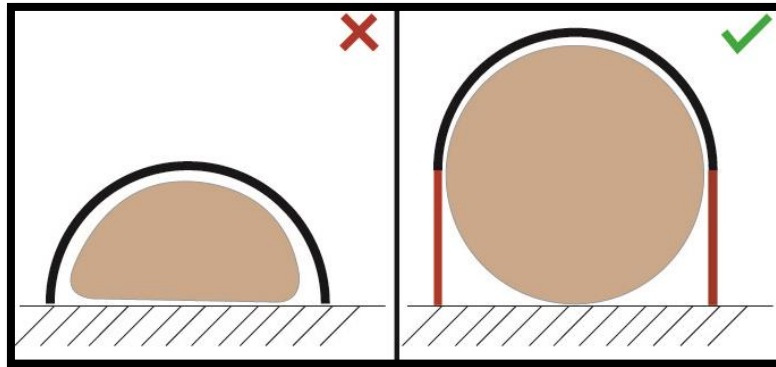


Figura 64: Canal sin paredes y con paredes que generan una bola adecuada

Una vez realizadas las pruebas se concluyó que el primer canal es el que elabora bolas de masa con mayor precisión ya que los demás canales generan masas amorfas, sin posibilidad a mejoras [fig.65].

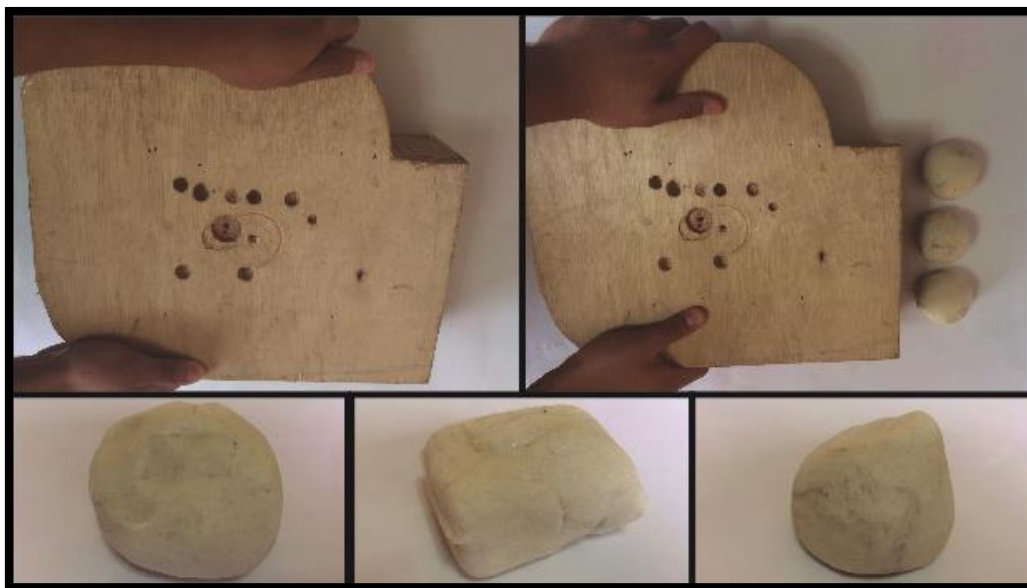


Figura 65: Tipos de bolas que genera el primer modelo formal

En el segundo modelo [fig.66] es otro objeto boleador en el cual se ha eliminado la forma en el extremo frontal, ya que se determinó en el anterior modelo que no generaba ningún aporte al proceso. Este modelo tiene el fin de identificar la dimensión necesaria para lograr trabajar con un solo rollo de masa, sin que este se salga del área de boleado del objeto, y también determinar el ángulo que deberán tener los canales.



Figura 66: Segundo modelo formal

En cuanto al análisis dimensional, se identificó que el operario puede desplazar el objeto aproximadamente 10 cm de adelante hacia atrás sin problemas de que la bola se salga de su espacio de trabajo; esto quiere decir, que la distancia entre los rollos de masa deberá ser de 5 cm aproximadamente para que no se lleguen a unir en el proceso de boleado [fig.67].

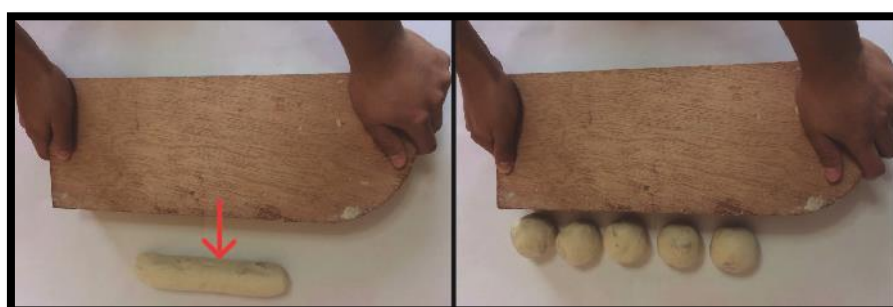


Figura 67: Uso del segundo modelo formal

Entre las diversas formas de uso que se le dio a este modelo se identificó dos procesos principales de uso que deberá tener la propuesta final, las cuales son:

- 1) No existe necesidad de disponer los canales en forma diagonal, ya que el objeto puede funcionar disponiendo los canales en forma perpendicular al operario [véase fig.68] siempre y cuando se combine un movimiento lineal, como ya se había planteado anteriormente, seguido de un movimiento circular dentro de un mismo eje, de modo que se simule el movimiento que hace el panadero con las muñecas en el boleado a mano para generar las bolas de masa.

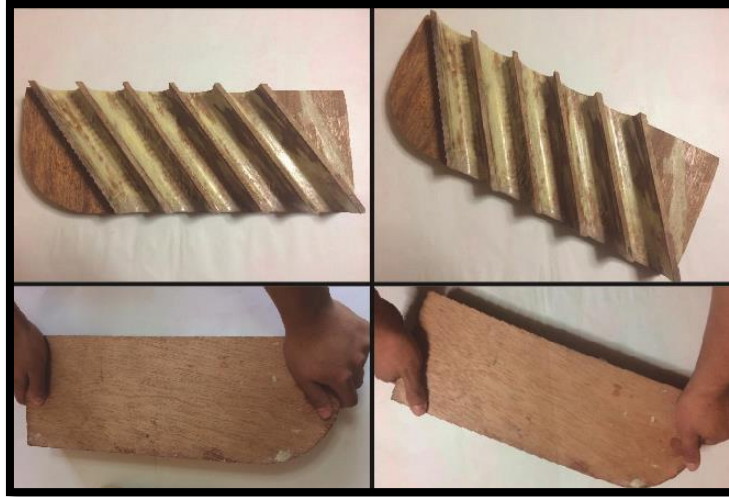


Figura 68: Uso perpendicular al operario del segundo modelo formal

- 2) Gracias a las paredes extruidas y a la disposición en forma perpendicular al operario, se han decidido colocar los rollos de masa debajo del boleador para ser cortados mediante presión de este objeto contra la superficie de trabajo, y así lograr dividir el rollo de masa en porciones iguales como lo hace la maquina lineal para fabricación de carnada [véase fig.50].

Para el proceso de división como ya se había determinado anteriormente con el mecanismo de la formadora de pan baguette se usará un sistema de presión para dividir la masa. Se ha generado un proceso de división que consta de tres momentos: los dos principales son el de dividir la masa en rollos iguales por medio de una prensa y posteriormente cortarla en porciones con el objeto boleador, pero de acuerdo a los mecanismos de boleado planteados se vio la necesidad de integrar un tercer procedimiento, que es el de separación de los rollos de masa, ya que es esencial colocarlos a cierta distancia para que en el proceso de boleado no lleguen a unirse por la cercanía que pudiera presentarse [véase fig.69]

Para el correcto funcionamiento de división con exactitud, se incorporaron dos elementos que permitirán distribuir y separar la masa de manera precisa; en primer lugar un objeto que contenga la masa y que la limite en sus extremos al momento de ser comprimida con el objeto de presión, para así lograr distribuir la masa equitativamente alrededor de toda un área preestablecida, y también se añadió un elemento separador que permitirá distanciar los rollos de masa una vez que se hayan dividido. Para lograr dividir una cantidad de masa en un número de porciones exactas, siempre será necesario pesar la porción de masa que se desea dividir, como sucede en el proceso de la divisora boleadora Fernetto [véase fig.70].



Figura 69: Proceso de división de la masa



Figura 70: Modelo formal del contenedor y separador, y pesaje de la masa

A medida que se realizaron pruebas se decidió eliminar la base del primer contenedor de acero realizado para mejorar la practicidad del funcionamiento de este objeto, puesto que con este primer modelo se debía voltear el contenedor para colocar los rollos de masa sobre la superficie de trabajo y con el modelo consiguiente que carece de base solo es necesario elevarlo para dejar dispuestos los rollos directamente sobre la superficie de trabajo, por lo que ahora paso de ser un contenedor a un simple bastidor [véase fig.71].



Figura 71: Contenedor y bastidor sin base

2.2.4 Prototipo digital

Una vez concluido los análisis morfológicos y de uso mediante los diversos modelos realizados, se ha determinado algunos requisitos que debe poseer la propuesta final para poder cumplir con éxito su función de dividir y bolear, como:

- 1) Utilizar una prensa para lograr dividir la masa en rollos iguales
- 2) Usar un bastidor para la masa y un separador para los rollos.
- 3) Utilizar un objeto boleador con elementos lineales perpendiculares al operario, con canales en forma de semicírculos extruidos a lo largo de toda su longitud y con paredes extruidas en cada uno.
- 4) Para el correcto funcionamiento los rollos de masa deberán estar separados aproximadamente a 5 cm de distancia entre cada uno.
- 5) Realizar un movimiento lineal seguido de otro circular para formar bolas de masa perfectas con el boleador.
- 6) Desplazar el objeto boleador 10cm en un solo sentido de manera continua para que las bolas de masa se generen.
- 7) Cortar los rollos de masa por presión contra la superficie de trabajo con el objeto boleador.

En cuanto a las prestaciones de la divisora boleadora que se propondrá, se ha decidido que deberá elaborar 32 bolas por cada carga de masa, ya que es un número que permite diseñar un objeto de dimensiones y pesos moderados que no sobrepasen las condiciones ergonómicas que debe presentar el panadero en términos de alcances,

posiciones y cargas a manipular. Para que el objeto logre realizar las 32 bolas sin necesidad de tener dimensiones exageradas se ha diseñado un sistema de doble boleado, en el cual el usuario deberá bolear las masas en dos partes; es decir, que los rollos de masa tendrán un largo que permitan que el objeto para bolear las corte por la mitad para realizar las primeras 16 bolas para posteriormente realizar el mismo proceso de boleado con las segundas mitades de rollos de masa.

Por lo tanto, con la ayuda del el software Autodesk Inventor 2015 y KeyShot 6 se ha elaborado un prototipo digital de una divisora boleadora manual que consta de 3 elementos, los cuales son: El divisor boleador, que es el elemento principal que dividirá la masa en rollos iguales y posteriormente los cortará y boleará (se compone de la carcasa, agarraderas y dentro existen distintos mecanismos), el bastidor y el separador.

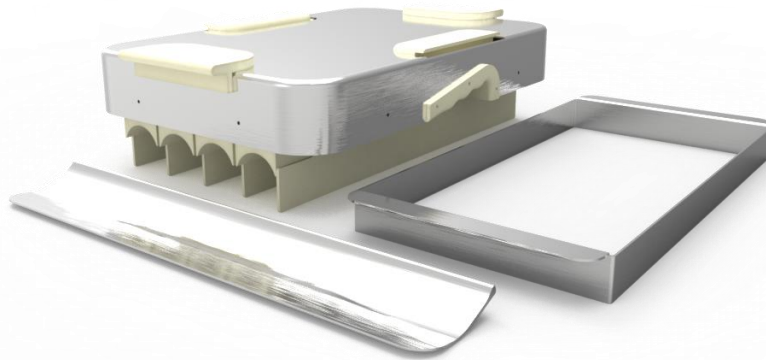


Figura 72: Prototipo digital

Se ha realizado una fusión entre el objeto boleador y la prensa para la división puesto que ambos tienen gran semejanza morfológica. Se identificó que ambos elementos compartían necesidades opuestas en el uso de las paredes generadoras de boleado, puesto que para el objeto boleador son indispensables para elaborar las bolas de masa perfectamente y en la prensa divisora obstruyen el mecanismo de división ya que provocarían que la masa quede capturada dentro del elemento; por tal razón se diseñó un mecanismo que permite que las paredes se contraigan para el proceso de división y que sobresalgan en el de boleado mediante el uso de una superficie móvil que contiene las paredes, que se acciona por resortes al presionar unas agarraderas dispuestas a lo ancho del divisor boleador. Los canales en forma de semicírculos están adheridos a otra superficie que está sujeta a la carcasa y se mantiene estática.

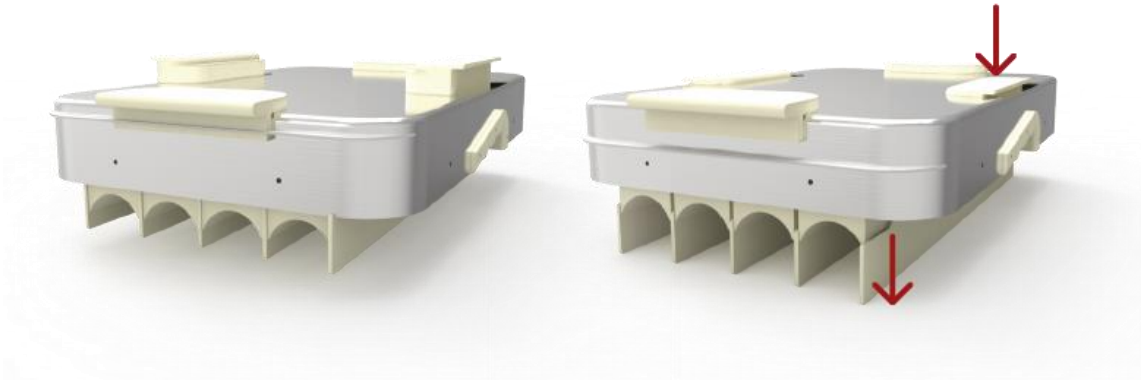


Figura 73: Mecanismo de salida de paredes boleadoras

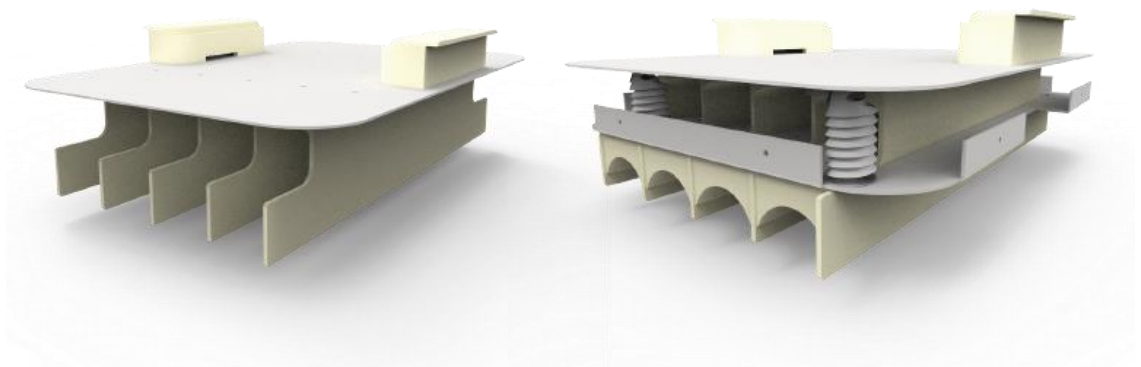


Figura 74: Superficie móvil (izquierda) y mecanismo accionado por resortes (derecha)

El uso del divisor boleador se da en dos sentidos: en primer lugar se dispone en sentido paralelo a los hombros del usuario para ser presionado contra el bastidor con las agarraderas dispuestas a lo largo del objeto, y posteriormente a la separación de los rollos de masa se dispone en sentido perpendicular, en donde se deberán presionar las agarraderas para accionar el mecanismo que permite que sobresalgan las paredes y se pueda proceder con la acción del boleó.

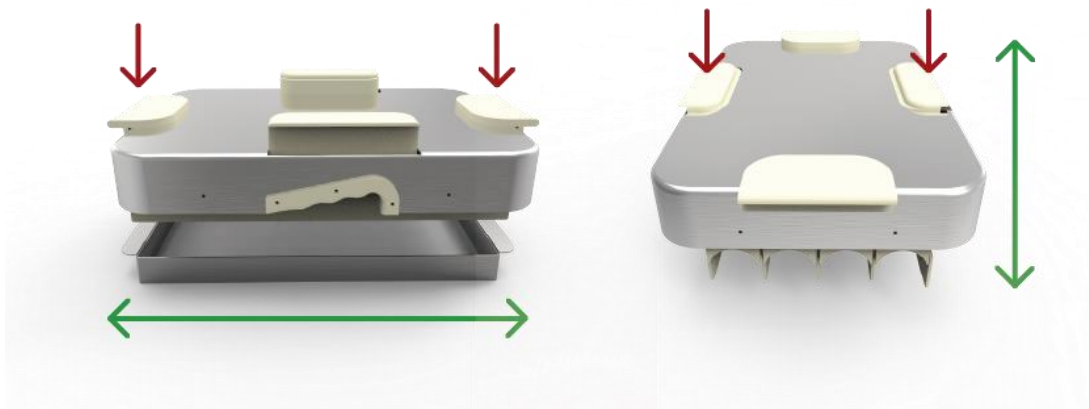


Figura 75: Sentidos de uso del divisor boleador

2.2.5 Prototipado de alta fidelidad

El prototipado consiste en la construcción de uno o diferentes modelos del sistema que se está diseñando. Estos modelos simulan o ya tienen construidas partes del sistema final y se utilizan para llevar a cabo pruebas que no se podrían realizar hasta que el proyecto estuviera completamente finalizado. (...) El prototipado de alta fidelidad trata de construir un modelo lo más próximo posible al sistema que se está diseñando o desarrollando. Este prototipo se utiliza para evaluar, de manera más precisa aspectos funcionales y de usabilidad. El prototipado, en sus diferentes modalidades, tiene la ventaja de que permite modificar y corregir los diseños antes de que se desarrollen completamente. (Mor, s.f, p.13)

Para demostrar el funcionamiento del prototipo digital se ha realizado un prototipo de alta fidelidad, puesto que conjuntamente con el director del presente proyecto, Diego Hurtado, se estableció que el costo de fabricación de un solo prototipo es muy alto para un proyecto de investigación de fin de grado; el costo supera los 2,400 dólares [véase la proforma en los anexos].

En el prototipo de alta fidelidad se ha separado la presa divisora y el boleador para aminorar los costos de fabricación, al eliminar los mecanismo antes demostrados. Este prototipo cuenta con las características principales del digital como: dimensiones, funcionalidad, morfología e interfaces de ciertos elementos y la usabilidad en el proceso de división y boleado por separado. Consta de 4 elementos individuales complementarios [img.66], los cuales son: 1) el bastidor, que es el encargado de limitar el espacio que ocupara la masa para su posterior división; 2) la prensa divisora, que es una pieza empleada para comprimir la masa dentro del bastidor y dividirla en secciones iguales en forma de rollos; 3) el separador, el cual ayuda a distanciar los rollos de masa a cierta distancia para que en el proceso de boleado las masas no lleguen a unirse, y 4) el boleador, que es un elemento que permite formar las bolas de masa.



Figura 76: Elementos complementarios del prototipo de alta fidelidad

El proceso de división y boleado se realiza con los siguientes pasos:

1. Pesar y colocar uniformemente la masa dentro del bastidor
2. Comprimir la masa con la prensa divisora
3. Retirar la prensa divisora y el bastidor de modo que solo queden los rollos de masa en la superficie de trabajo
4. Separar los rollos a cierta distancia
5. Cortar y bolear la primera mitad de rollos de masa con el boleador
6. Confirmar que la segunda mitad de rollos no se hayan deformado
7. Cortar y bolear la segunda mitad de rollos de masa con el boleador
8. Verificar que todas las bolas estén bien formadas

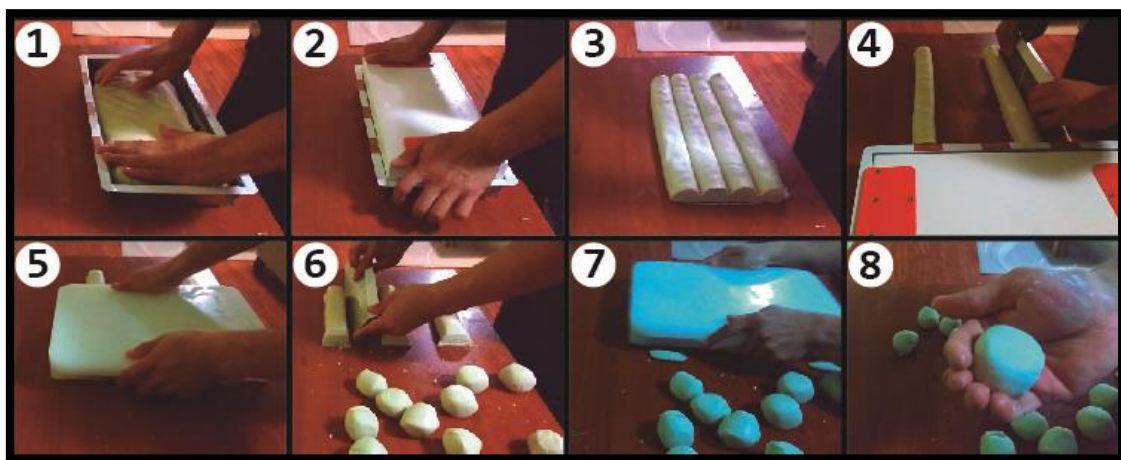


Figura 77: Proceso de división y boleado del prototipo de alta fidelidad

La prensa divisora [fig.78] es un componente del sistema de división que consta de 4 canales en forma de semicírculos extruidos, que permite comprimir la masa dentro del bastidor para que esta se distribuya de igual forma a lo largo de este, a medida que también logra que la masa tome forma de rollos de 37 cm de longitud para poder suministrar al boleador porciones con una apariencia aproximada a la forma redonda que tomarán y del largo necesario para poder realizar el proceso de doble boleado. Los canales tienen una profundidad corta para permitir que la masa una vez comprimida no quede capturada dentro de la prensa divisora.

Este componente cuenta con dos agarraderas en sus extremos que sirven de apoyo para que el usuario logre comprimir la masa y posteriormente levantar todo el objeto para retirarlo.



Figura 78: Prensa divisora

El bastidor [fig.79] permite incluir hasta 2,2 kg de masa y ayuda a determinar las dimensiones que tendrán los rollos, ya que limita la expansión que tendrá la masa al momento de comprimirla con la prensa divisora. Las lengüetas tienen unas marcas que a modo de aprendizaje demuestran al usuario la distancia aproximada a la que debe disponer los rollos de masa para que el proceso de boleado sea perfecto.



Figura 79: Bastidor con marcas de aprendizaje visibles

El separador [fig.80], es un elemento lineal que permite separar los rollos de masa a las distancias necesarias para el proceso de boleado. El objeto tiene la misma dimensión que los rollos de masa y presenta una ligera inclinación en la sección de agarre de modo que se ajuste de mejor manera a la forma de la mano, y también posee una marca en la mitad que ayuda al usuario a comprobar que la segunda mitad de rollos de masa para boleado no se hayan deformado y mantengan sus medidas originales.



Figura 80: Separador

Gracias al modo de uso de los 3 elementos que componen el sistema de división, el proceso para dividir la masa en partes iguales se vuelve muy dinámico.

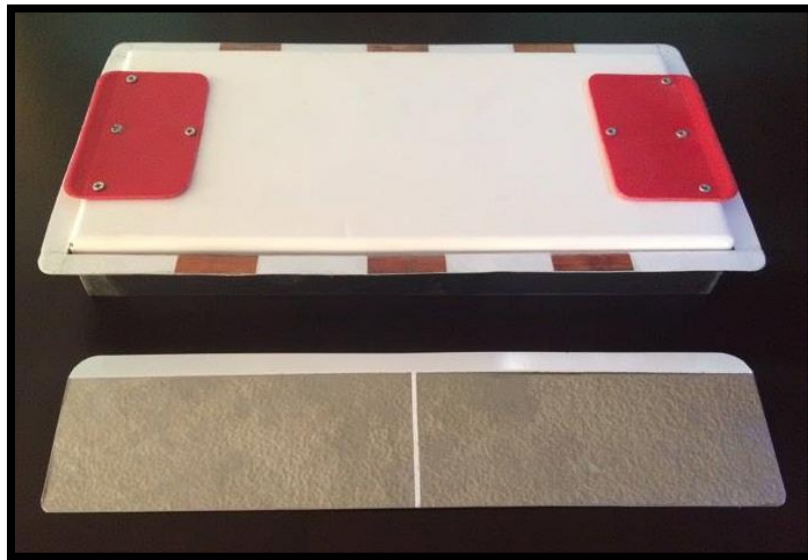


Figura 81: Componentes del sistema de división

El boleador [fig.82] es un elemento que se usa contra una superficie de trabajo (en este caso es el mesón de acero inoxidable reglamentario para las panaderías), que consta de 4 canales en forma de semicírculos extruidos para dar la forma redonda a la masa como lo hace el arco transversal de la mano en el proceso manual de boleado [véase fig.19]. Estos canales cuentan con paredes laterales de 2,15 cm de alto cuya dimensión es la misma que la del radio de los semicírculos; las paredes son las encargadas de limitar el movimiento de las porciones de masa y guiarlas en su

desplazamiento a lo largo de los canales como lo hacen los dedos pulgar y meñique en el proceso de boleado a mano.

Los semicírculos tienen el diámetro establecido de 4,3 cm que es el diámetro aproximado de una bola de masa de 70 gr. Se determinó que esta medida permite bolear masas de 60 hasta 70 gramos con gran precisión en su forma esférica, puesto que permite dejar un espacio libre para la rotación de las bolas en ambos casos, como sucede con el espacio que deja el panadero en la concavidad de sus manos al bolear manualmente [véase fig.17]. Si en el canal entra una porción de masa menor a 60 gr el ancho de los canales no permitirá que la masa pueda desplazarse a través de ellos ya que la porción de masa no logrará tocar las paredes de los canales, tampoco se podrá bolear de manera correcta una porción de masa mayor a 70 gr debido a que el exceso de masa no permitirá que la bola se moldee perfectamente y presente ciertas anomalías en su forma redonda, o que quede capturada dentro del objeto.

El largo del elemento boleador es de 37 cm, esta distancia la establece el diámetro de los rollos de masa y la separación a la que estos deben estar dispuestos. El ancho de 18,7 cm está dado por el diámetro de los 4 canales sumado al espesor de las paredes, que son de 3 mm cada una. Para manipular el objeto se ha diseñado un tipo de agarre en cada extremo que permite reducir el impacto en el ángulo radial que se ejerce en las muñecas.

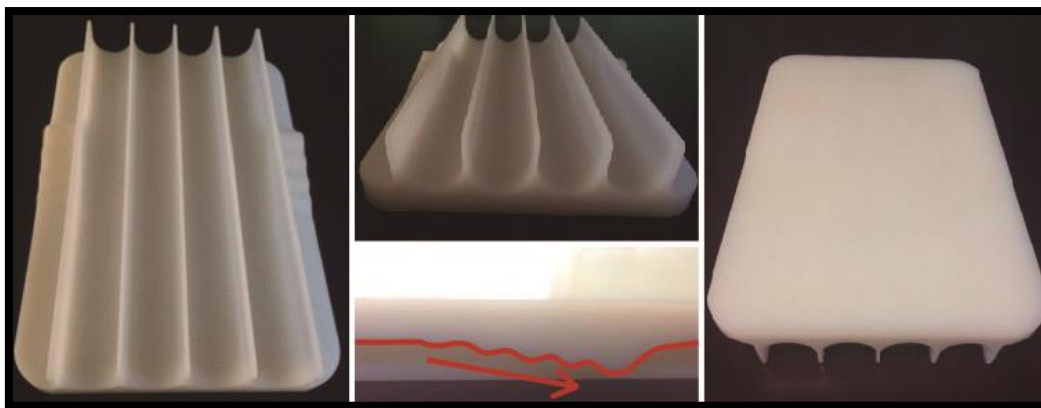


Figura 82: Boleador

El proceso de boleado consta de 5 pasos, que se describen de la siguiente manera:

1. Colocar sobre la superficie de trabajo 4 rollos de masa dispuestos a una distancia de 5 cm, que es una distancia adecuada para que las porciones de masa no se peguen según lo analizado con los modelos formales.

2. Cortar la primera mitad de rollos de masa en porciones, mediante la presión del boleador contra la superficie de trabajo para formar las primeras 16 bolas
3. Proceder al movimiento de boleo
4. Repetir el paso 2 y 3 con la segunda mitad de rollos de masa para formar las siguientes 16 bolas.

El movimiento que permite el boleo correcto de las masas consta de un primer movimiento en forma circular dentro de un mismo eje que permitirá que una vez que las masas se hayan cortado, estas se despeguen de la superficie de trabajo y roten en distintas direcciones para que las porciones puedan bolearse en todos los sentidos. El segundo movimiento es en forma lineal, que deberá ser realizado en dirección frontal al usuario y desplazarse aproximadamente 10 cm para que las bolas de masa no se salgan de su espacio de trabajo; este movimiento permitirá que las masas se desplacen a lo largo de todos los canales para que comiencen a tomar su forma esférica [véase fig.83]. Todo el proceso se debe repetir dos veces de manera que se termine con el movimiento lineal ya que éste es el encargado de dar la forma redonda; en el caso de que se terminara el proceso con el movimiento circular las masas saldrían con una forma amorfa.

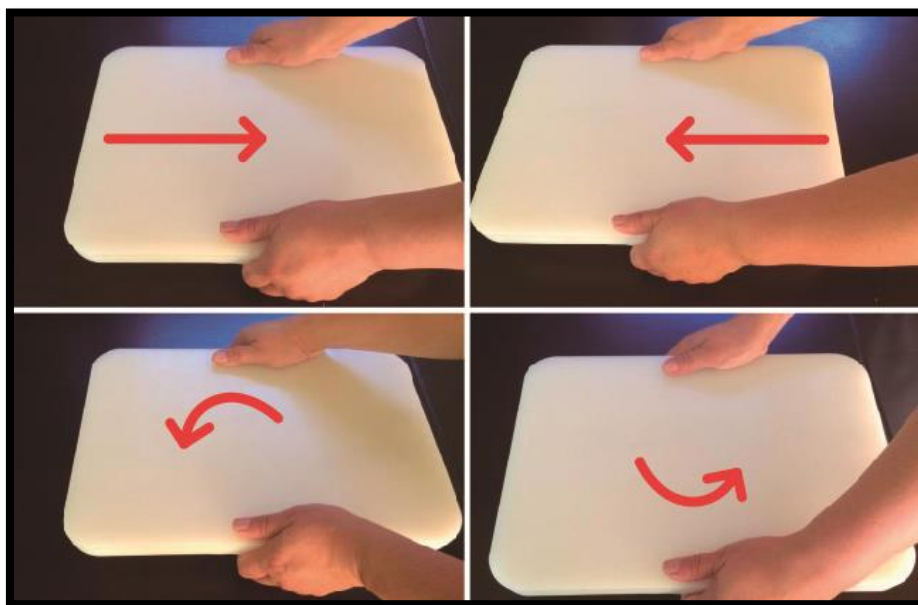


Figura 83: Movimientos generadores de boleo

2.2.6 Evaluación del desarrollo

Para lograr reconocer si el concepto, las características morfológicas y funcionales, y la usabilidad de las aproximaciones al diseño final satisfacen las necesidades de los

usuarios, se han especificado todas las soluciones que se han planteado de acuerdo a cada requerimiento establecido anteriormente.

1. Usar materiales accesibles en el país
 - El prototipado de alta fidelidad fue elaborado en grilon (polímero) y acero inoxidable, que son materiales fáciles de adquirir en el país
2. Disminuir los costos de producción del objeto
 - Puesto que el objeto tiene dimensiones pequeñas la cantidad de material y costo disminuyen considerablemente
 - Las técnicas de fabricación usadas fueron: mecanizado CNC para las piezas con canales y corte, doblado y soldadura para las piezas de acero inoxidable
 - La elaboración del prototipo costó cerca de \$ 450
3. Reducir el tiempo del proceso de boleado
 - La elaboración de 30 bolas de masa demora aproximadamente 1 minuto y 45 segundos, lo cual entra dentro de rango que debe cumplir
4. Elaborar un número exacto de bolas por porción de masa boleada
 - El sistema de división permite elaborar 32 bolas por cada porción de masa que se desea bolear
5. Adaptar el diseño a las medidas antropométricas de los percentiles del Ecuador
 - Gracias a que el objeto es pequeño se puede adaptar a cualquier percentil
 - Los alcances del objeto no sobrepasan los estándares
6. Mejorar las condiciones ergonómicas del panadero
 - Las dimensiones del objeto permiten adaptarse a las medidas del mesón de las panaderías sin ocasionar malas posturas
 - Se genera un trabajo dinámico
 - Los pesos son manipulables
 - Los agarres están diseñados para no generar incomodidad en las muñecas
 - Los movimientos repetitivos son de corta duración
7. Utilizar estructuras apropiadas
 - El mecanismo utilizado está compuesto por pocos elementos sencillos
 - Los objetos diseñados no requieren de estructuras de estabilidad ya que son elementos individuales
8. Fácil transporte e instalación
 - Los pesos y dimensiones son de fácil manipulación
 - El objeto no requiere de un espacio específico para su instalación
9. Reducir el contacto de la masa con las manos

- El usuario solo tiene contacto con la masa al momento de colocarla en el bastidor
10. Permitir la variación de dimensiones de masa boleadas
- El boleador permite elaborar bolas de 60 a 70 gr perfectamente
11. Utilizar interfaces de fácil comprensión
- El diseño utiliza mecanismos sencillos de fácil entendimiento
12. Fortalecer el sentido de vinculación hombre- máquina
- El objeto al ser manipulado por tracción humana como una extensión de las facultades del panadero, se transforma en una herramienta de ayuda en su trabajo y no una máquina que lo reemplaza

En conclusión, el prototipo aporta con una o varias soluciones para cada uno de los requerimientos de los usuarios y se deberá tomar en cuenta que si se usará el prototipo digital, los procesos serían un poco más rápidos puesto que existen menos elementos que componen a toda la divisora boleadora y el uso sería mucho más eficiente.

Capítulo 3

Diseño en detalle y validación

3.1 Presentación de la propuesta

3.1.1 Exploración de materiales

De acuerdo a la normativa UNE-EN ISO 1672-2 “Maquinaria para procesado de alimentos: conceptos básicos y requisitos de higiene” los materiales que estén directamente en contacto con la masa pueden ser: acero inoxidable o polímeros que no contaminen la masa por su posible toxicidad.

Para los componentes estructurales del divisor boleador, el bastidor y el separador se usarán planchas de acero inoxidable de baja densidad y para los canales de boleado y agarraderas, que son piezas que requieren de un modelado, se usarán polímeros de alta calidad y resistencia. Estos materiales son comúnmente usados en la industria y fáciles de adquirir dentro del país.

3.1.1.1 Acero inoxidable

Se ha establecido anteriormente que los aceros inoxidables utilizados en la industria alimenticia pueden ser AISI-304L, AISI-316L, AISI-410, AISI-409 y AISI-329. De acuerdo a una previa investigación se determinó que el AISI-304L es el más asequible en el país.

El acero inoxidable AISI-304L, es una aleación al cromo y níquel muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo (“Planchas de acero inoxidable”, 2016).

Este tipo de este acero inoxidable está disponible en el mercado en presentaciones de planchas desde 0,40 a 15 mm de espesor y en dimensiones de 1220 x 2440 mm; tiene un peso variable entre 3,686 a 104,9 kg/m² dependiendo del espesor de la plancha. Tiene una rugosidad de acabado de 0,03 μ m, lo cual entra dentro del rango de rugosidad permitido para los acabados de los materiales para el procesado alimenticio.



Figura 84: Planchas o láminas de acero inoxidable. Copyright (s.f) por Aceros industriales HGB

“El uso de componentes pintados en zonas de producción de alimentos está totalmente desaconsejado, puesto que los revestimientos acaban por estropearse y podrían contaminar el producto” (Milvaques, 2015).

Por lo tanto, no se usarán materiales pintados, a pesar de que algunos de los equipos con lo que Proba trabaja tienen piezas pintadas; se usarán aceros inoxidables sin ningún tipo de revestimiento.

3.1.1.2 Grilon (polímero termoplástico)

Los polímeros presentan propiedades que los hacen aptos para su uso en la industria alimentaria. En el mercado ecuatoriano se pueden conseguir fácilmente polímeros poliamidas con excelentes propiedades mecánicas y térmicas, resistencia al desgaste y dureza, como: grilon, teflón, ertalon, nylon, celeron y duralon; son usados principalmente para la fabricación de piezas mecánicas. Se encontró que el grilon es el material más apto para la elaboración de las piezas plásticas ya que presenta buenas propiedades mecánicas a bajo costo, comparado con los otros polímeros.

Material duro elástico con alta resistencia mecánica y a la abrasión, con una rigidez, dureza y tenacidad que lo hacen recomendable para distintas piezas técnicas como engranajes, tornillos transportables, piezas deslizantes, anillos de juntas, bujes, manguitos hidráulicos y toda pieza sometida a desgaste e impacto. La rigidez, tenacidad, el poder amortiguador debido a su resiliencia y su alta resistencia mecánica, hacen de la poliamida 6 (grilon) el termoplástico más versátil de la línea de ingeniería ("Grilon poliamida", 2015)

El grilon es un termoplástico que se encuentra en el mercado en presentaciones en color blanco y negro de: barras redondas de 1 m de longitud y diámetros de 6 a 250 mm; barras cuadradas de 1 m de longitud y medidas de 15 x 15 a 80 x 80 mm y planchas de 1 x 2 m en espesores de 4 a 64 mm; este material tiene un peso específico de 1,14 gr/cm³.



Figura 85: Polímero Grilon. Copyright 2015 por Tecno-Plast Rosario.

3.1.2 Técnicas de fabricación

3.1.2.1 Embutido de láminas metálicas

Operación cuya finalidad es convertir una chapa plana en un cuerpo hueco. Se realiza mediante una estampa de embutición, compuesta de: Matriz, forma el hueco al que debe adaptarse la chapa, punzón, empuja la chapa adaptándola al hueco, pisador o sujeta chapas, presiona el borde de la chapa contra la matriz y evita que se formen arrugas, pero sin sujetarla. La chapa debe fluir conforme baja el punzón. (López, 2008, p.31)

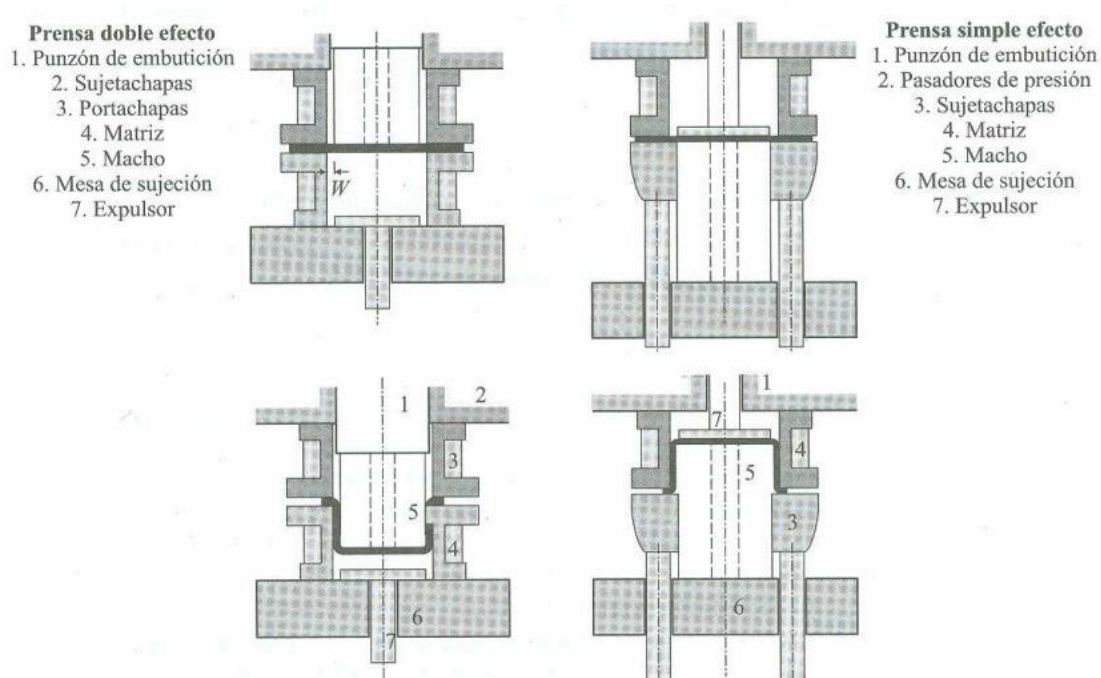


Figura 86: Sistemas de prensas para embutición. Copyright 2008 por López

Este proceso se usará para la fabricación de la carcasa estructural de acero inoxidable del objeto divisor boleador, para poder ser reproducido en serie. A pesar de que este método de fabricación es costoso debido a las matrices que deberán ser usadas, a petición de Proba se lo ha incluido en el proyecto de investigación para mantener acabados estéticos adecuados puesto que no existe otro método de fabricación con las láminas de acero que permita mantener superficies lisas y limpias, sin que perjudique la superficie inoxidable de estas.

3.1.2.2 Cizallado de láminas metálicas por cortadora hidráulica

El cizallado es una operación de corte de láminas que consiste en disminuir la lámina a un menor tamaño, sin arranque de la viruta de láminas y perfiles. Este proceso produce cortes limpios, rápidos y con bastante precisión pero siempre en forma recta; longitudinal, transversal o diagonal a la placa (Paternina, 2013)

Este método de corte se utilizará para todas las piezas de acero inoxidable de grandes longitudes para abaratar costos en los procesos de fabricación. Se utilizará el cizallado mediante una cortadora hidráulica para mejorar la precisión de corte.



Figura 87: Cortadora hidráulica de láminas de acero. Copyright 2013 por Paternina

3.1.2.3 *Doblado de láminas metálicas por dobladora hidráulica*

El doblado es un proceso de conformado sin separación de material y con deformación plástica utilizado para dar forma a chapas. Se utiliza, normalmente, una prensa que cuenta con una matriz si es con estampa ésta tendrá una forma determinada- y un punzón -que también puede tener forma que realizará la presión sobre la chapa (Vila, 2005,p.233).

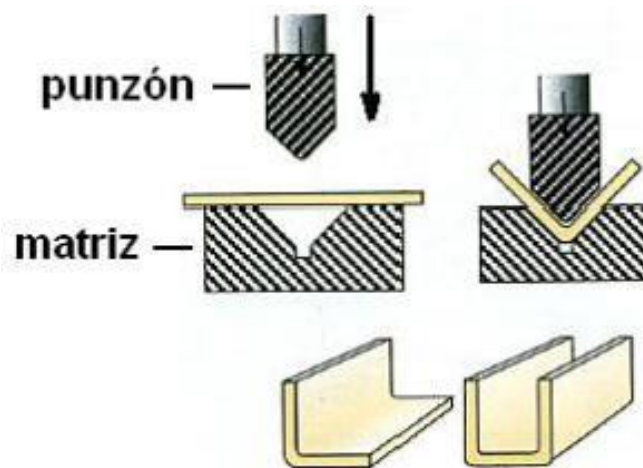


Figura 88: Proceso de doblado de láminas de acero. Copyright 2015 por “Avances tecnológicos”

El doblado se usará para hacer dobleces ortogonales para piezas de acero inoxidable como el bastidor y el separador, y se utilizara este proceso de manera industrial mediante una dobladora hidráulica para su mayor precisión.



Figura 89: Dobladora hidráulica de láminas de acero. Copyright 2011 por “Doblado de chapa”

3.1.2.4 Plasma y oxicorte

El proceso de corte por plasma utiliza un gas de alta temperatura con carga eléctrica para derretir el metal y expulsar el material fundido del corte. El oxicorte produce una reacción química entre el oxígeno y el acero, que genera escoria de óxido de hierro. Gracias a las diferencias en el proceso, durante el corte por plasma se forma menos escoria, y la que se forma es más fácil de quitar. Por lo general, se puede eliminar con facilidad sin necesidad de desbastarla o quitarla con un cincel, lo que reduce significativamente el tiempo necesario para operaciones secundarias. (“Oxiplasma”, s.f)

Se realizará el corte y detalles de las láminas de acero inoxidable mediante el proceso de plasma puesto que reduce los niveles de escoria y zonas afectadas por el calor, y para el diseño se requiere de excelentes acabados.



Figura 90: Corte de lámina de acero por plasma. Copyright (s.f) por Laser Mecafort

3.1.2.5 Soldadura TIG

En el proceso TIG el arco eléctrico que se establece entre el electrodo de tungsteno y el metal base, es la fuente de calor que funde ambos. La TIG es la técnica de soldadura más utilizada para acero inoxidable de pequeños espesores, ya que, aunque tiene menor rendimiento que la MIG no produce temperaturas tan altas del material y, así, evita deformaciones. (“Soldadura manual TIG”, s.f)



Figura 91: Soldadura TIG. Copyright (s.f) por “Soldadura manual TIG”

La soldadura TIG se usará para piezas como el bastidor ya que este tipo de soldadura es óptima con el uso de piezas de acero inoxidable porque que tiene los beneficios de lograr soldar metales de espesor delgado con mayor resistencia a la corrosión y sin necesidad de limpiar ya que no produce salpicaduras ni chispas.

3.1.2.6 *Mecanizado en CNC por fresado*

El mecanizado es un proceso mediante el cual se fabrican mecanizado de piezas con la ayuda de computadoras que controlan las maquinas herramienta. Gracias al Control Numérico por Computadora (CNC) se ha automatizado el proceso de fabricación de las piezas ya que permite utilizar un conjunto de instrucciones para controlar el mecanizado mediante un programa contando con la mínima intervención humana. (“Grumeber”, s.f)

Para la elaboración de las piezas de grilon se utilizará el mecanizado en CNC por fresado, ya que este proceso puede cortar y moldear la pieza en diferentes posiciones y profundidades mediante un husillo de corte; también logra generar una rugosidad de acabado en los materiales a trabajar de hasta $0,12\ \mu\text{m}$ que entra en el rango de rugosidad permitido para los acabados de los materiales para el procesado alimenticio. Este proceso de fabricación es el más usado en el modelado de piezas mecánicas, y ya que se iniciará con la comercialización de las primeras 100 divisoras boleadoras pilotos se decidió junto con el director del proyecto, Diego Hurtado, que es oportuno a manera de proyecto de investigación no plantear procesos de fabricación en serie como el de inyección de plástico, puesto que el costo de las matrices para este proceso son excesivas en relación al número de productos provistos para la venta.



Figura 92: Fresadora CNC. Copyright (s.f) por Interempresas

3.1.3 Test con el usuario panadero

Se ha utilizado el método de evaluación de la usabilidad por test con el usuario para identificar como se relaciona el panadero con el objeto, si las interfaces y los procesos están bien diseñados y encontrar posibles defectos a mejorar.

El test se realizó con el señor Mateo Guerrero, dueño y panadero de la panadería “El sol” que está ubicada en el norte de Quito. Para este proceso de evaluación se utilizó el prototipo de alta fidelidad que se realizó en la etapa de desarrollo del diseño. El test consistió en el uso del prototipo por parte del panadero dentro de su propio establecimiento, para visualizar como interactuaba con el objeto y posteriormente conocer su experiencia y opiniones de manera crítica.



Figura 93: Proceso de uso del prototipo de alta fidelidad con el panadero

3.1.3.1 *Experiencia del usuario*

Primeramente se explicó al panadero la forma de uso de los elementos de división, para que a modo de aprendizaje en el proceso de boleado identifique la manera de usar el objeto boleador, ya que este es el elemento principal por el cual el panadero decidirá si su funcionamiento cumple con sus expectativas.

Una vez que se colocaron los rollos de masa sobre la superficie de trabajo del panadero a la distancia correcta entre sí, el usuario identifico que el boleador debía ser colocado en primer lugar por encima de los rollos para ser cortados mediante presión; al levantar el objeto observo que las masas quedaban dentro de este divididas en partes iguales.



Figura 94: Identificación del método de corte del boleador por parte del panadero

Después se le pidió al panadero que identificara los movimientos que debía realizar para que lograra que las masas ya divididas pudieran tomar la forma de bolas. Inicialmente el usuario procedió con un movimiento lineal, suponiendo que gracias a la forma semicircular de los canales las masas propenderían a tomar la forma deseada; una vez que realizó este movimiento, visualizo que la forma obtenida no era la adecuada y concluyo que la dirección en un solo sentido no era apropiada.



Figura 95: Resultados del movimiento lineal ejercido por el panadero

Luego el panadero decidió realizar un movimiento circular, ya que tiene un conocimiento previo del tipo de actividad que debe ejecutar para formar una bola de masa. De esta manera el panadero identifico que las masas empezaban a tomar la forma deseada pero que aún requería de otro tipo de movimiento para que se generaran bolas perfectas.

Por tanto el objeto comunica sus diferentes prestaciones para su uso, lo cual ayudo al panadero a experimentar de mejor manera.



Figura 96: Resultados del movimiento circular ejercido por el panadero

Después de varias pruebas el panadero logro determinar los dos tipos de movimientos que debía realizar y finalmente, con su propio análisis de la forma de uso del boleador, obtuvo bolas de masa perfectas.



Figura 97: Finalización exitosa de la elaboración de bolas de bolas de masa por el panadero

Se concluyó que el panadero demora aproximadamente 1 minuto con 45 segundos entre todo el proceso de división y boleado, por consiguiente elaborar 32 bolas de masa con el prototipo de alta fidelidad no sobrepasa los 2 minutos.

3.1.3.2 Defectos identificados en el prototipo

El diseño de maquinaria no es un proceso en el que se procede de modo lineal, por naturaleza es un proceso iterativo en el cual se avanza de manera vacilante, dos pasos hacia adelante y uno hacia atrás; es inherentemente circular. Si por ejemplo, lo que parece una gran idea, al analizarla resulta que viola algún parámetro establecido para el desarrollo de la máquina, se puede regresar al paso de ideación y buscar otra mejor. (Norton, 2013, p.7).

Las pruebas con el usuario arrojaron como resultado que existen varios defectos en el prototipo que se expusieron uno por uno para posteriormente realizar modificaciones en la propuesta final y lograr satisfacer de mejor manera todos los requerimientos del panadero.

En el proceso de pruebas, conjuntamente con el panadero se identificó que los rollos de masa se recogían aproximadamente 6 cm cada vez que se retiraba la prensa divisora. Esto no permitía trabajar correctamente con el sistema de doble boleado y de igual manera el retirado de este objeto en ciertas ocasiones era difícil puesto que quedaba capturado dentro del bastidor por la exactitud de las dimensiones de ambos objetos.



Figura 98: Retirado incorrecto de la prensa divisora desde uno de los extremos del objeto

Otro problema que se logró identificar es que las paredes generadoras de boleo tienen un espesor que no permiten cortar con gran facilidad los rollos de masa debido al poco filo que tiene éstas, lo que ocasionaba que el panadero debía presionar con gran fuerza el elemento boleador y colocarse en distintas posiciones incorrectas.



Figura 99: Posiciones incorrectas ejercidas por el panadero debido a la dificultad de corte del boleador

Se visualizó que las bolas de masa no quedaban con la textura adecuada debido a que la rugosidad de los canales de boleo fabricados en grilon debía ser menor para que la masa no se pegara contra las paredes.

Por lo tanto se tomó la decisión conjuntamente con el panadero que, para evitar este problema, se debía bajar el nivel de grasa de la masa temporalmente para proseguir con el proceso de prueba. De esta manera se logró formar las bolas con la textura debida y al mismo tiempo permitió eliminar el problema de corte y encogimiento de los rollos de masa anteriormente mencionado.



Figura 100: Bola de masa con textura inadecuada y bola de masa con textura adecuada

El usuario manifestó que el peso del elemento boleador era manipulable, pero que un problema al que si se enfrentaba era que debía inclinarse para lograr visualizar la colocación correcta del objeto y poder cortar los rollos de masa sin generar desperdicios.

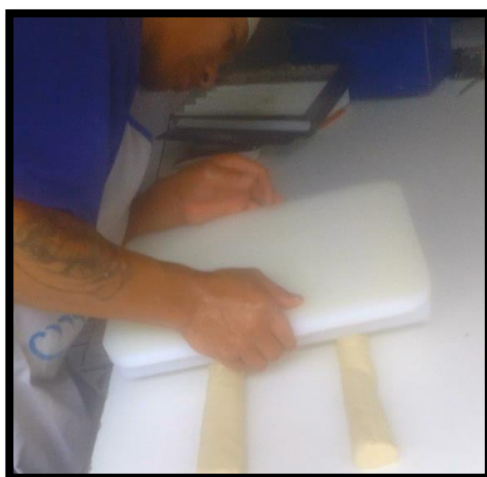


Figura 101: Posición realizada por el panadero para visualizar la colocación correcta del boleador

Se observó que el usuario no se percataba de la forma correcta de agarrar el boleador y que, debido al ancho del objeto, el ángulo de las muñecas no era el adecuado en cuanto a las condiciones ergonómicas que debe prestar el objeto para no generar futuros problemas de salud.



Figura 102: Manipulación incorrecta del boleador por parte del panadero

Un problema que anteriormente ya se había detectado en el prototipo de alta fidelidad es que el largo del elemento boleador no permitía que se pudiera trabajar con los 4 rollos de masa debido a la falta de longitud, por lo cual en el proceso se debe eliminar uno de los rollos para continuar correctamente sin que las masas se salgan de su espacio de trabajo.



Figura 103: Eliminación de un rollo de masa por falta de longitud del boleador

3.1.4 Refinamientos

Los cambios realizados fueron:

- 1) Para el problema de encogimiento de la masa, se decidió aumentar las dimensiones del largo del divisor boleador para que el momento en que la masa se recoja mantenga el largo necesario, lo que a la vez ayudará a mantener una dimensión suficiente que permita que los 4 rollos de masa

quepan dentro del área del trabajo, condición que no se lograba anteriormente con el prototipo de alta fidelidad.



Figura 104: Anterior dimensión del prototipo (izquierda) y nueva dimensión (derecha)

- 2) Se cambió el mecanismo de accionado de las paredes de boleo hacia las agarraderas dispuestas a lo largo del divisor boleador, de modo que cuando se presione contra el bastidor se pueda dividir los rollos con mayor facilidad, y al mismo tiempo que el objeto en el proceso de división se pueda retirar y separar de la masa por impulso al momento que salen las paredes.

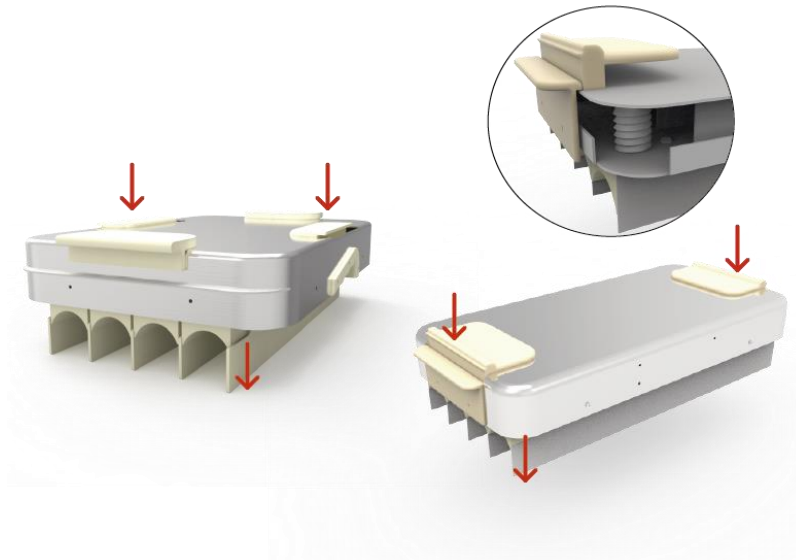


Figura 105: Anterior (izquierda) y nuevo mecanismo de accionado de las paredes de boleo con su detalle (derecha)

- 3) Para lograr que las paredes de los canales corten con mayor facilidad y que la masa no se pegue a estos, de modo que se puedan formar bolas con la textura necesaria, se cambió el material grilon por acero inoxidable. Esto permitirá reducir costos de fabricación de estas piezas, mantener un mayor filo en las paredes y tener una superficie más lisa evitando que se pegue la masa.



Figura 106: Cambio de material grilon por acero inoxidable de las paredes boleadoras (antes y después)

- 4) Para mejorar el área de visualización de corte de los rollos de masa en el proceso de boleado se redujo el ancho de la carcasa del divisor boleador, en donde se ubicaban las agarraderas de boleado de modo que solo sobresalgan estas [véase fig.107]. Así mismo se modificó la morfología de las agarraderas de boleado de manera que genere un ángulo distinto de agarre que no ocasione malestares en las muñecas del panadero, y para que el usuario perciba mejor el área y forma de agarre del objeto [véase fig.108].

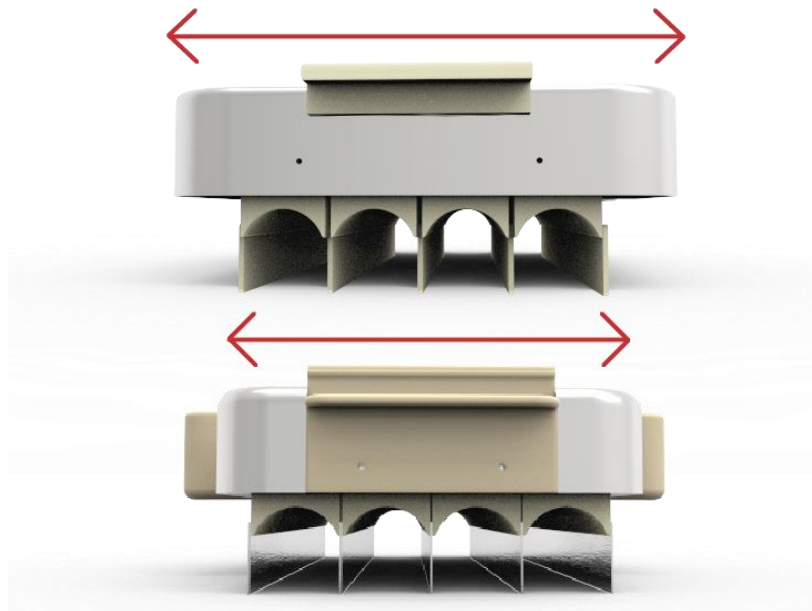


Figura 107: Reducción del ancho de la carcasa (antes y después)

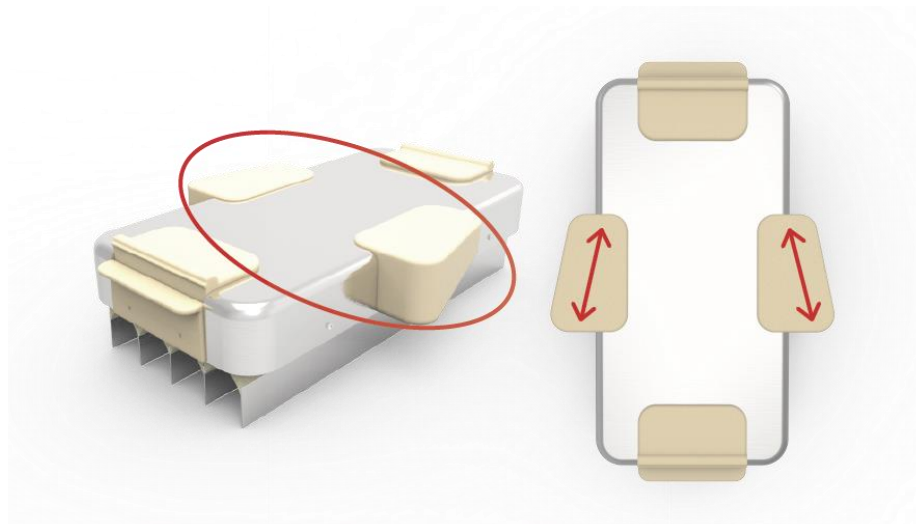


Figura 108: Nuevo diseño de agarraderas de boleo

3.1.5 *Detalles constructivos y mecanismos*

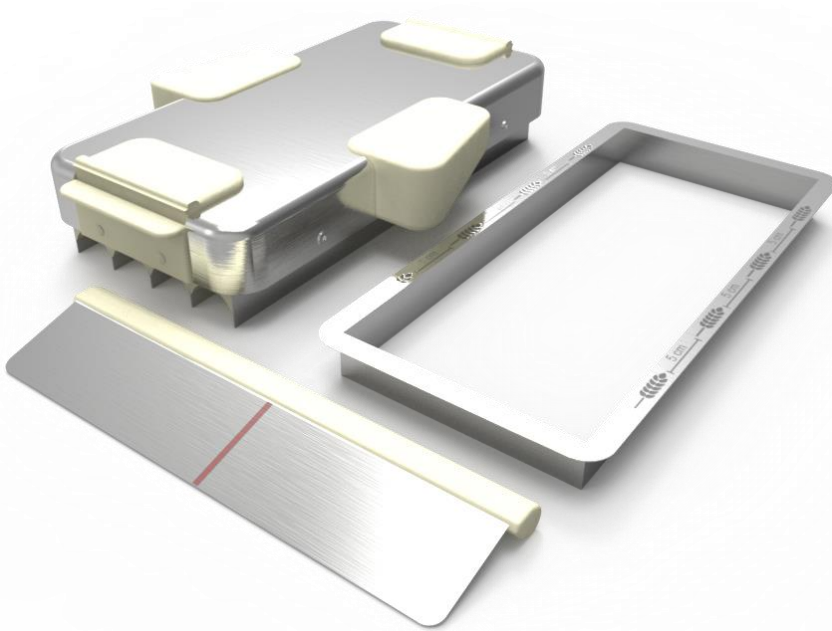


Figura 109: Propuesta final de divisora boleadora

El diseño final es una divisora boleadora manual de fácil manipulación que mide 43 cm de largo por 21 cm de ancho, y funciona mediante tracción humana para generar un vínculo mayor entre hombre- máquina ya que se presta como una extensión de las capacidades del panadero. Puede elaborar 32 bolas en 1 minuto y 45 segundos aproximadamente y se compone de otros dos elementos de apoyo para el proceso de división (bastidor y separador) que generan un gran dinamismo gracias a su forma de uso. Su estructura principal es el objeto divisor boleador, que es un solo cuerpo robusto

con un peso y dimensiones que le permiten ser transportado con facilidad. Mantiene una estética acorde a la industria alimenticia y a los equipos que Proba oferta gracias a la objetividad de cada elemento que lo compone, la limpieza del diseño, la robustez que transmite, la calidad en detalles y los materiales utilizados.

3.1.5.1 Correlación dimensional hombre-máquina

Para demostrar la correlación dimensional del usuario con la máquina se han realizado somatografías con las posturas y movimientos que ejerce el usuario al utilizar la divisora boleadora. De esta manera se revelará el funcionamiento adecuado de todos los procesos y mecanismos del producto de diseño propuesto. Se ha utilizado este método antropométrico con el prototipado de alta fidelidad, puesto que se ajusta a las medidas aproximadas de la propuesta final y por lo tanto todos los procesos que ejerce el usuario son similares. Para esta intervención se ha tomado como referente a un usuario de sexo femenino con dimensiones estructurales aproximadas al 5° percentil de las mujeres del país de 149 cm de estatura, 36 cm de ancho de los hombros, 96 cm de altura de los codos y 124 cm de altura de los hombros. Se considera que si se acopla a este usuario en términos de alcances y posiciones podrá ajustarse a los demás percentiles.

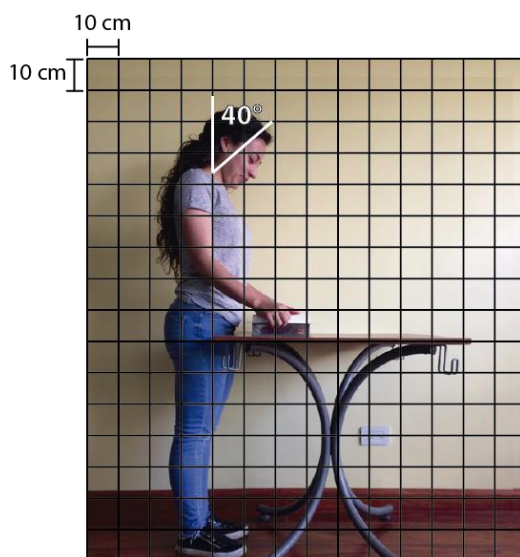


Figura 110: Somatografía lateral del 5° percentil mujer con el divisor

Se puede observar en la imagen 109 que la sujeción del objeto en el proceso de compresión de la masa para la división obliga al usuario a mantener una posición erguida y dispone a la cabeza con una flexión de 40°, que solo será por aproximadamente 20 segundos.

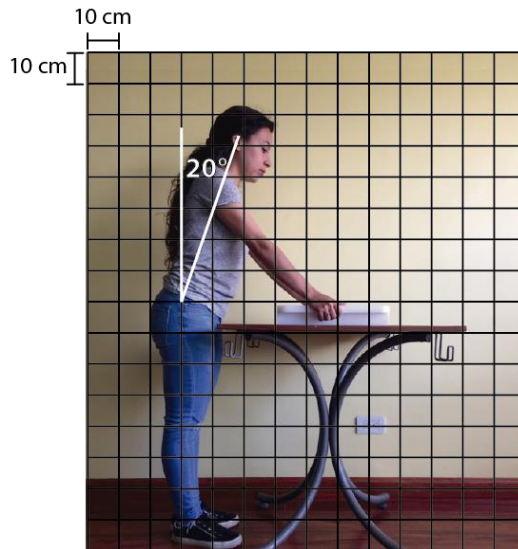


Figura 111: Somatografía lateral del 5º percentil mujer con el boleador

En la imagen 110, se puede visualizar que al momento de disponer el objeto para el boleado a la distancia de 20 cm para la realización del movimiento lineal, el usuario ejerce una flexión mínima en la columna de 20° para disponer el objeto a un máximo de 60 cm de distancia desde el borde de la mesa junto al operario, ajustándose de esta manera a las medidas estándar del mesón de panadería que tiene un mínimo de 70 cm de profundidad.

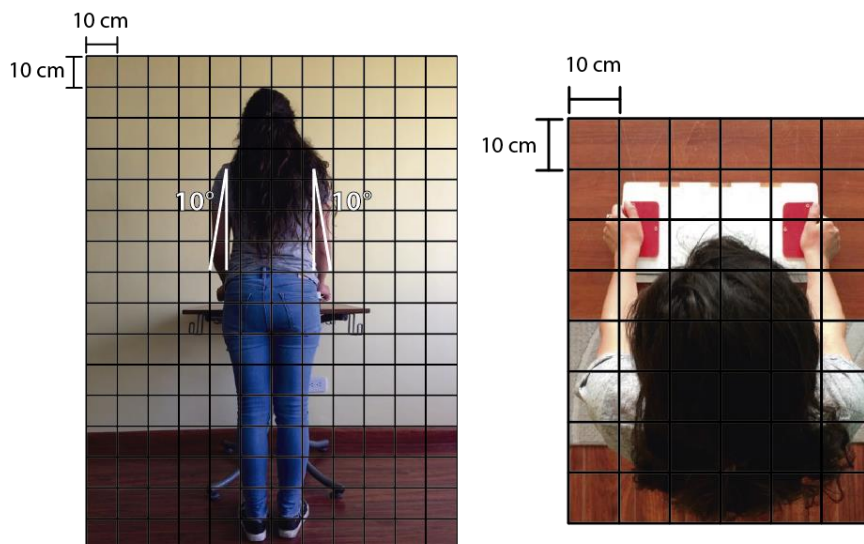


Figura 112: Somatografía posterior y superior del 5º percentil mujer con el divisor

La imagen 111 demuestra que para el proceso de división el objeto al tener una dimensión cercana al ancho de los hombros, obliga a realizar un movimiento de

abducción de los hombros a un ángulo de 10° y mantiene un ángulo de pronación de los codos de 90° al tener que asentar la palma de la mano contra la máquina.

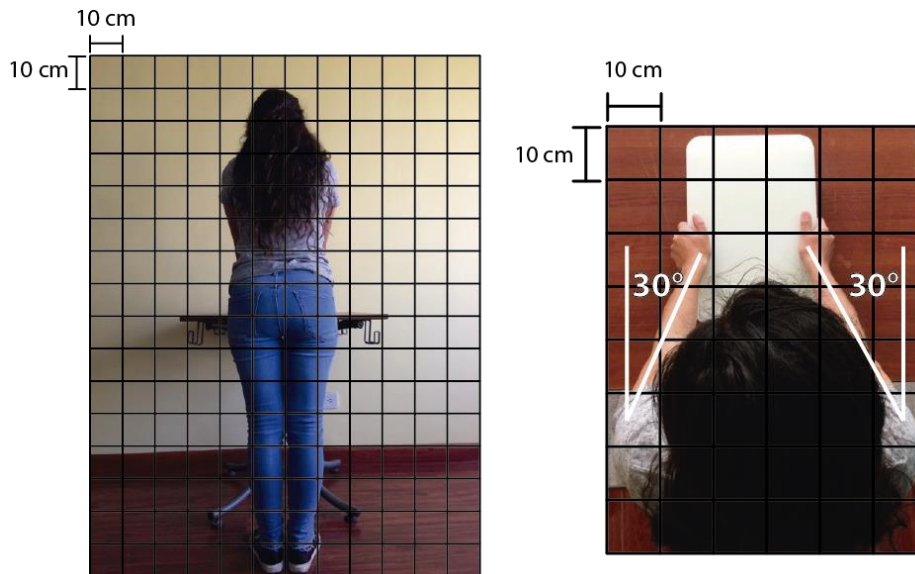


Figura 113: Somatografía posterior y superior del 5º percentil mujer con el boleador

En la imagen 112, se observa que para el proceso de boleado el objeto al tener un ancho menor que el de los hombros, dispone a un ángulo interno de 30° a los hombros con una extensión completa de los brazos.

Todo el proceso que conlleva la propuesta de la divisora boleadora genera un trabajo muscular dinámico, debido a que los músculos se contraen y relajan continuamente. Para el proceso de boleado existe un trabajo repetitivo en el movimiento lineal y en el circular, pero ya que estos dos procesos se realizan conjuntamente y con un máximo de 10 repeticiones en menos de 10 segundos cada uno, no ocasionará problemas futuros al operario.

El objeto divisor boleador consta de un total de 16 piezas distintas, entre las cuales están las piezas de grilon, acero inoxidable y los respectivos tornillos que sujetan a todas las piezas. El bastidor es un solo cuerpo de acero inoxidable, y el separador se compone de una pieza en grilon y otra en acero inoxidable que se ensamblan por presión.

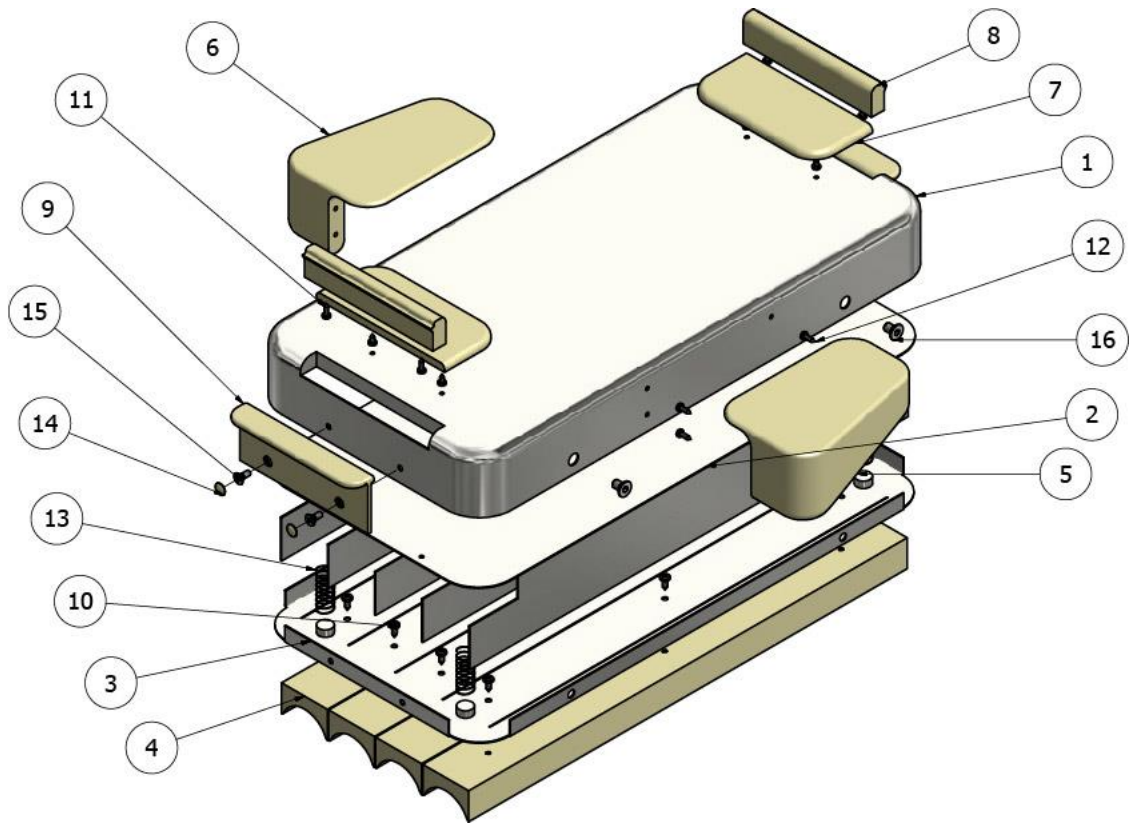


Figura 114: Despiece de divisor boleador

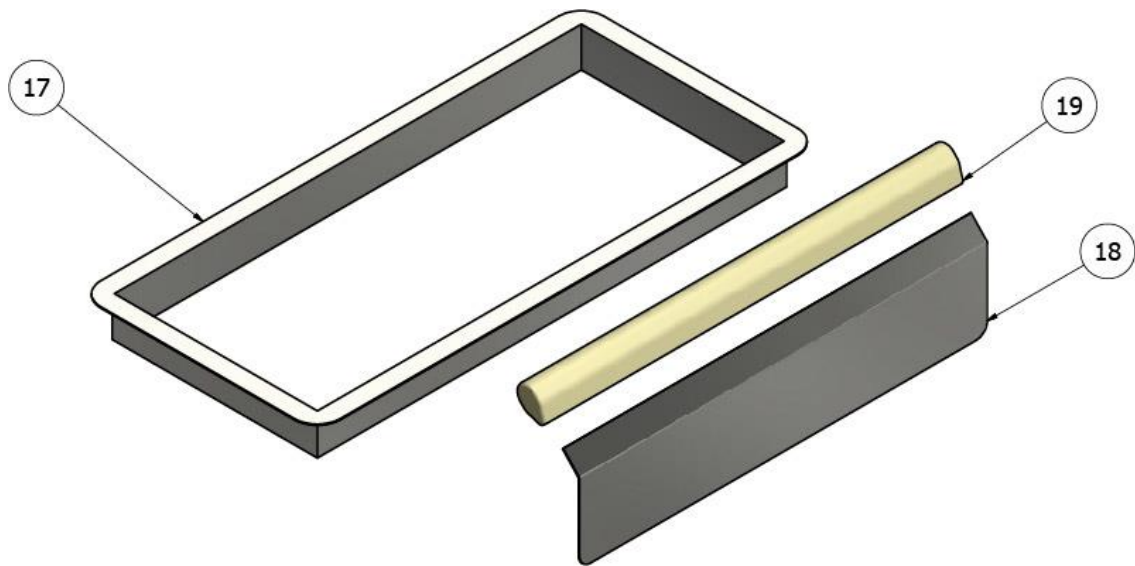


Figura 115: Bastidor y despiece de separador

Tabla 13:

Lista de partes

Número de pieza	Cantidad de piezas	Nombre de la pieza	Descripción
1	1	Carcasa	Acero inoxidable AISI-304L de 1 mm de espesor embutido
2	1	Estructura de paredes de boleó	Acero inoxidable AISI-304L de 1 mm de espesor soldado
3	1	Estructura principal	Acero inoxidable AISI-304L de 1 mm de espesor doblado y perforado
4	4	Cuerpo cóncavo generador de bolas	Polímero grilon
5	1	Agarradera de boleó derecha	Polímero grilon
6	1	Agarradera de boleó izquierda	Polímero grilon
7	2	Apoyo de presión	Polímero grilon
8	2	Apoyo generador de paredes	Polímero grilon
9	2	Jaladera	Polímero grilon
10	12	Tornillo de cabeza redonda ISO 7049 - ST 3.5 x 9.5 - C - H	Acero inoxidable
11	8	Tornillo de cabeza redonda ISO 7049 - ST 2,9 x 6,5 - C - Z	Acero inoxidable
12	6	Tornillo de cabeza redonda ISO 7049 - ST 2,9 x 9,5 - C - Z	Acero inoxidable
13	4	Resorte	Acero inoxidable
14	4	Tapa de tornillo	Plástico
15	4	Tornillo de cabeza avellanada ISO 7046-1 - M4 x 10 - 4.8 - HISO	Acero inoxidable
16	4	Tornillo de cabeza avellanada ISO 10642 - M6 x 10	Acero inoxidable
17	1	Bastidor	Acero inoxidable AISI-304L de 1 mm de espesor soldado
18	1	Separador de masa	Acero inoxidable AISI-304L de 1 mm de espesor doblado
19	1	Soporte de agarre del separador	Polímero grilon

A continuación se mostrarán todas las piezas que componen el producto final con su respectiva justificación morfológica y funcional acorde a los requisitos previos del proyecto [las medidas específicas de cada pieza pueden verse en el manual técnico].

3.1.5.2 *Detalles y mecanismos de los elementos para el proceso de división*

El proceso para la división está compuesto por 3 elementos principales que disminuyen el contacto con las manos y permiten generar un trabajo que mantiene al usuario en constante actividad.

3.1.5.2.1 *Divisor boleador para la función de dividir*

Los canales del divisor boleador en el proceso de división están dispuestos de manera que tienen una altura de 24 mm, lo que permitirá presionar dentro del bastidor una cantidad máxima de 2240 gr para elaborar 32 bolas de 70 gr de peso cada una. Tiene un largo de 410 mm que permitirá generar rollos de masa de 360 mm (debido a la retracción de 50 mm que tiene la masa) para poder realizar la acción de doble boleó.

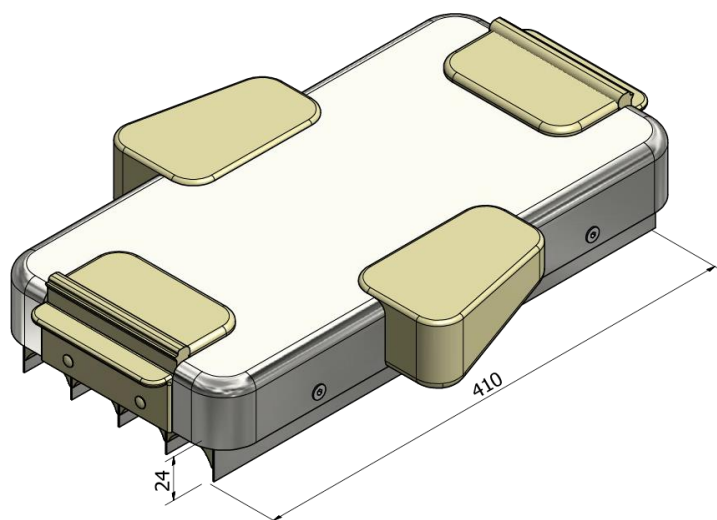


Figura 116: Divisor boleador con dimensiones generales de los canales

Las agarraderas para la división están dispuestas a lo largo del objeto divisor boleador y se constituyen de 3 piezas en cada una:

- 1) **Los apoyos de presión**, tienen la función de brindar una superficie y limitar al panadero el área donde ejercerá presión hacia la masa, las cuales tiene una dimensión de 54 mm de ancho y 120mm de largo que se ajustan a las dimensiones de las manos del percentil 95° del panadero ecuatoriano [véase tabla 4].

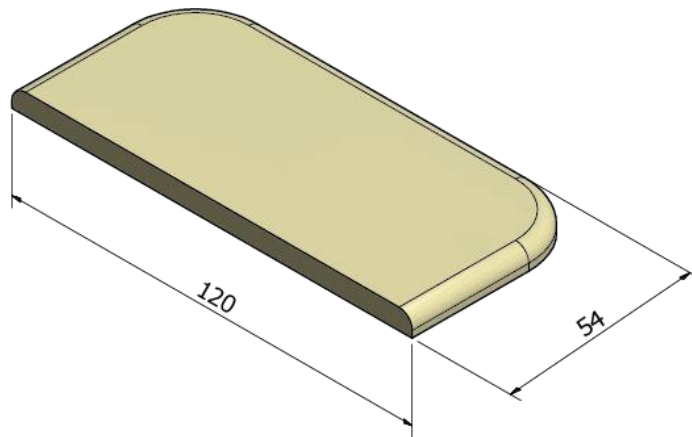


Figura 117: Dimensiones generales del apoyo de presión

- 2) **Los apoyos generadores de paredes**, se presionan en el proceso de división con el pulgar para accionar la salida de las paredes generadoras de boleo [véase manual de uso] de modo que impulse al divisor boleador contra la superficie de trabajo y así se desprege de la masa ya compactada en el bastidor. Tienen una dimensión de 23 mm de alto y 120 mm de largo.

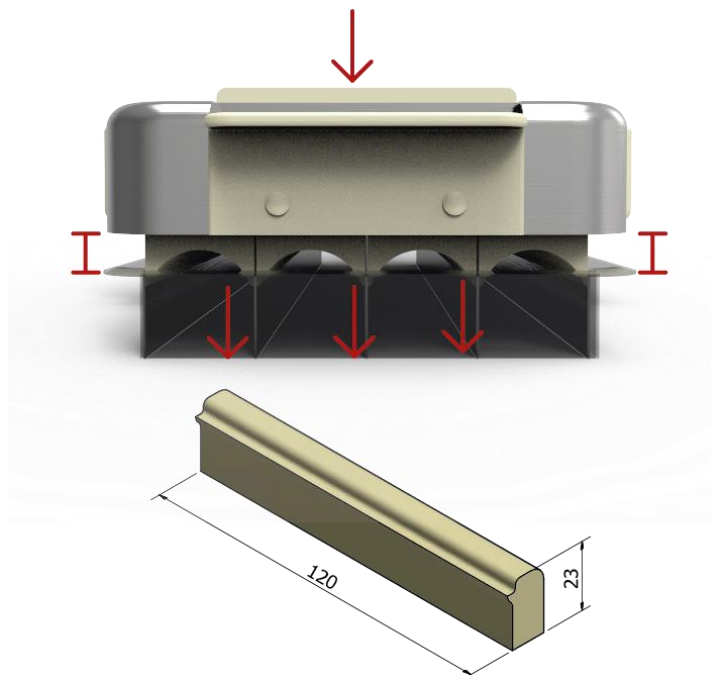


Figura 118: Dimensiones generales y mecanismo de apoyo generador de paredes

- 3) **Las jaladeras**, están adheridas a las caras laterales del largo de la carcasa y disponen de volados de un ancho de 15 mm [fig.119], que son interfaces que comunican al usuario que debe extraer el divisor boleador con las yemas de

los dedos a medida que se presionan los apoyos generadores de paredes con los pulgares [véase manual de uso].

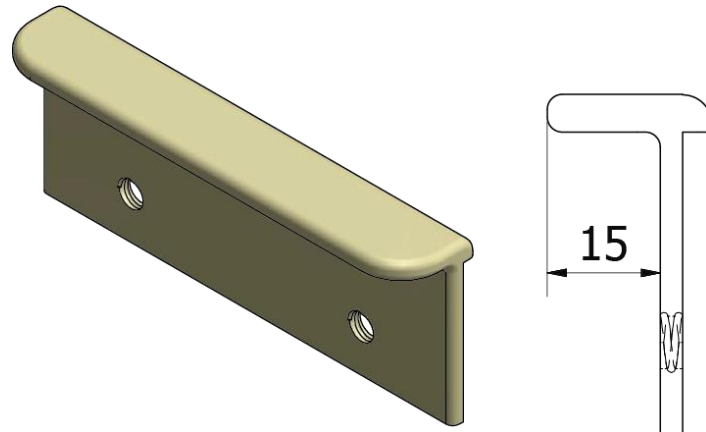


Figura 119: Jaladera en isometría y dimensión del volado

Estas piezas están sujetas mediante tornillos de cabeza avellanada que sujetan también a la estructura móvil de paredes de boleo y están cubiertos con tapas para tornillos para conservar una estética más limpia.

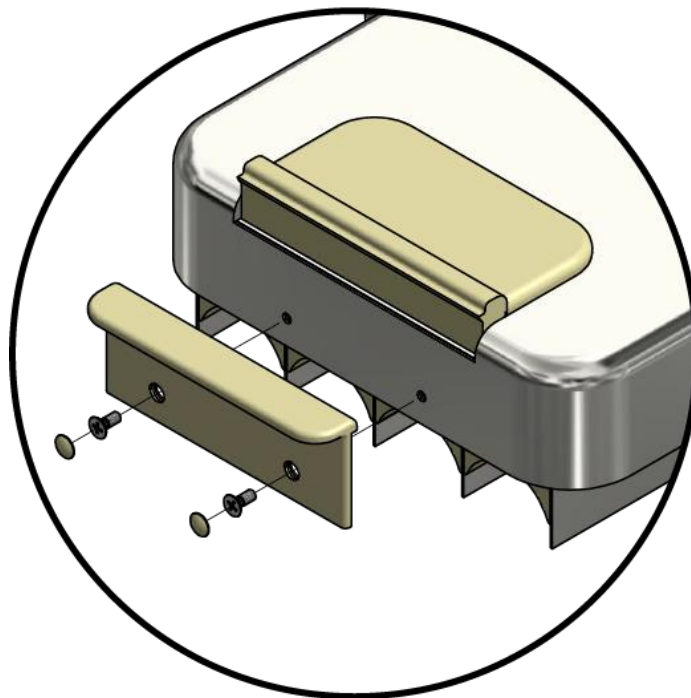


Figura 120: Ensamble de jaladera

3.1.5.2.2 Bastidor

El bastidor tiene un volumen de 2581 cm³ que permite contener la cantidad de 2240gr de masa, tiene un alto de 35 mm y carece de una base para facilitar su retiro [fig.121]

de manera que deja los rollos de masa directamente en la superficie de trabajo para su posterior separación, sin que las dimensiones de la masa se modifiquen [véase manual de uso].

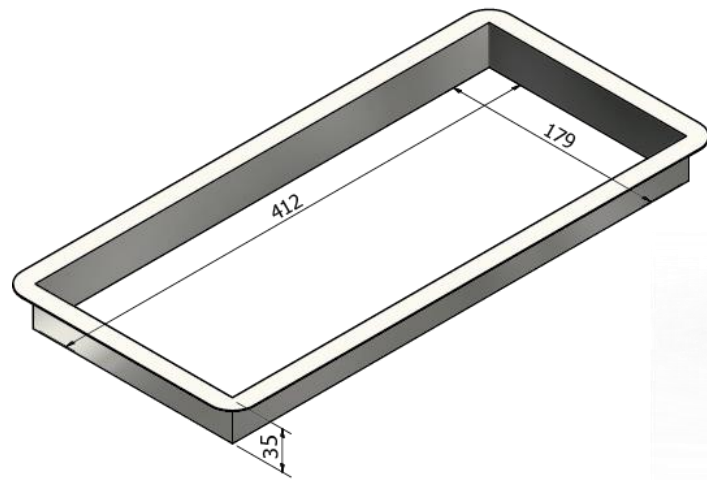


Figura 121: Dimensiones generales del bastidor

Tiene un espacio suficiente para que al momento de presionar la masa está no se desborde por los costados debido a su altura; es decir, que cuando la el divisor boleador toca la masa y comienza a comprimirla contra la superficie de trabajo, el objeto aún puede bajar 20 mm más de manera que la masa nunca llegará a elevarse hasta el ras superior del bastidor.

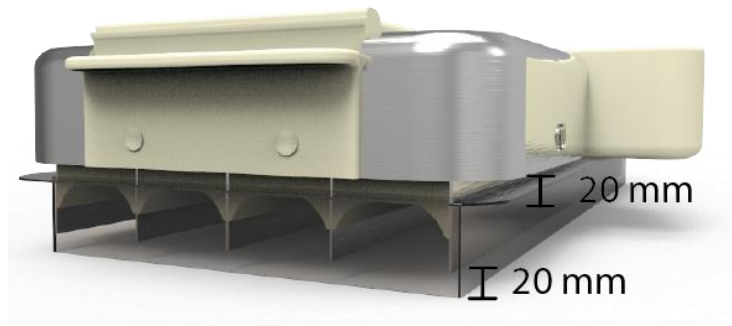


Figura 122: Mecanismo de compresión de masa justificativo de la altura del bastidor

Alrededor del bastidor están dispuestos unos volados superiores que le dan estructura a todo el objeto, permiten el retirado del elemento una vez terminado el proceso de compresión de la masa y también sirven para informar al panadero, a modo de aprendizaje, la distancia a la cual deberá colocar los rollos de masa al momento de la separación de estas [fig.123]. El bastidor una vez que se retira de la masa debe ser

colocado a un lado del usuario de modo que pueda usar la parte informativa de distanciamiento de los rollos de masa [véase manual de uso].

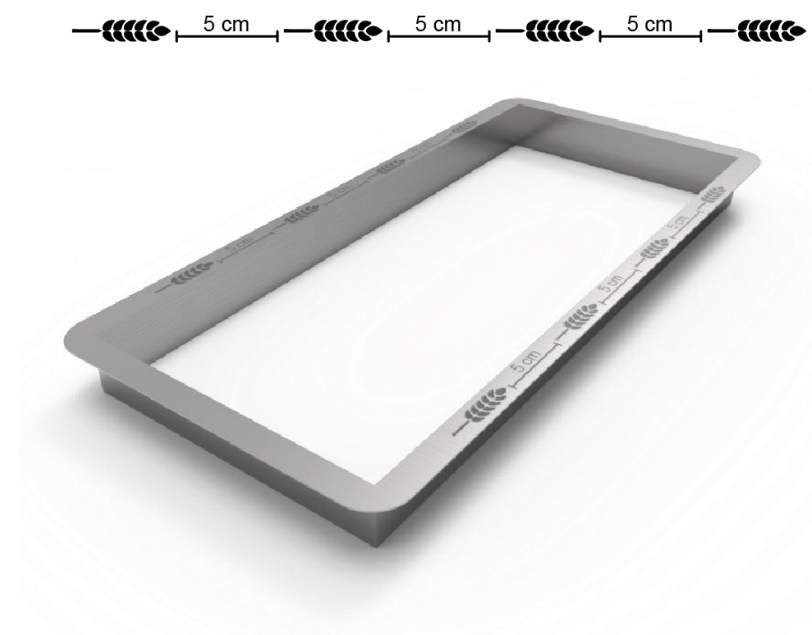


Figura 123: Detalle de los volados superiores del bastidor

3.1.5.2.3 Separador

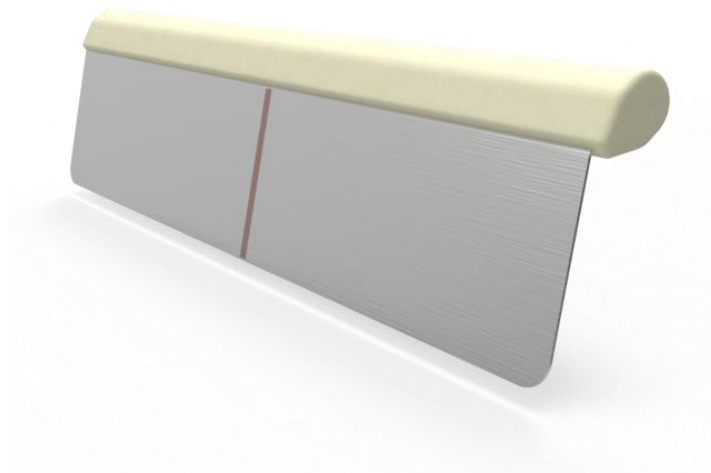


Figura 124: Isometría del separador

El elemento separador se compone de dos piezas:

- 1) **El separador de masa**, como su nombre lo indica es un elemento encargado de separar los rollos de masa (a una distancia de 5cm entre cada uno) para que en el proceso de boleo las masas no lleguen a unirse, tiene un largo de 360 mm (misma medida que los rollos de masa) y una altura de 70 mm en la superficie

de contacto con la masa, de modo que los dedos del panadero no toquen la masa.

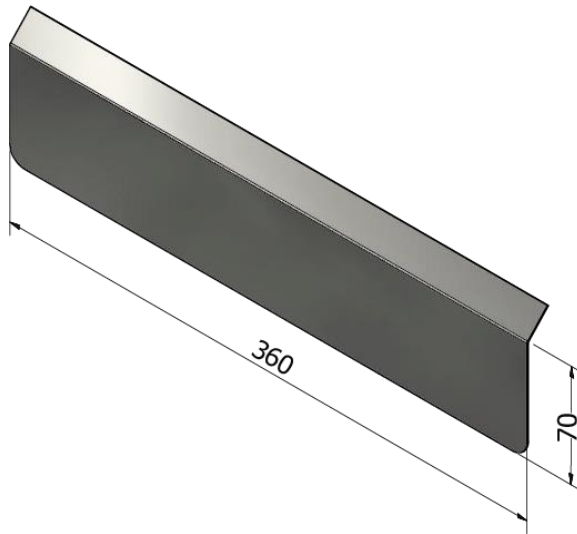


Figura 125: Dimensiones generales del separador de masa

También cuenta con una señal en la mitad de la pieza, que informa al panadero la medida que deben mantener las mitades de rollos de masa de la segunda parte del proceso de boleado, en caso de que su forma haya sido modificada en el corte anterior con el divisor boleador.

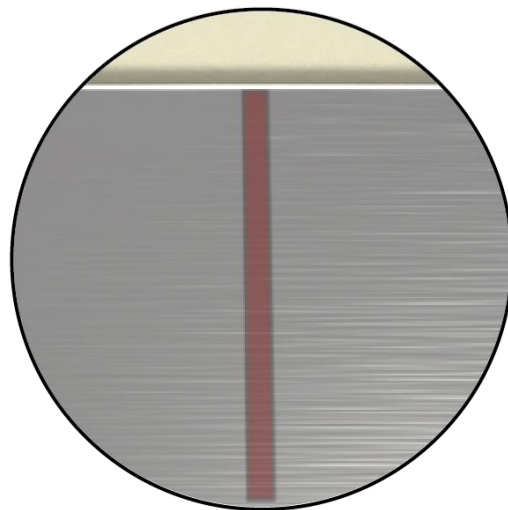


Figura 126: Detalle de la señal informativa del separador de masa

- 2) **El soporte de agarre del separador**, está dispuesto a un ángulo de 137° para facilitar el agarre del panadero, y para que este pueda colocar el objeto en una posición que permita separar las masas de la superficie de trabajo fácilmente y distanciar las masas con un desplazamiento que no modifique la forma de los

rollos de masa. Esta pieza se ensambla al separador de masa mediante presión ya que cuenta con una ranura del mismo largo y espesor que el separador de masa.

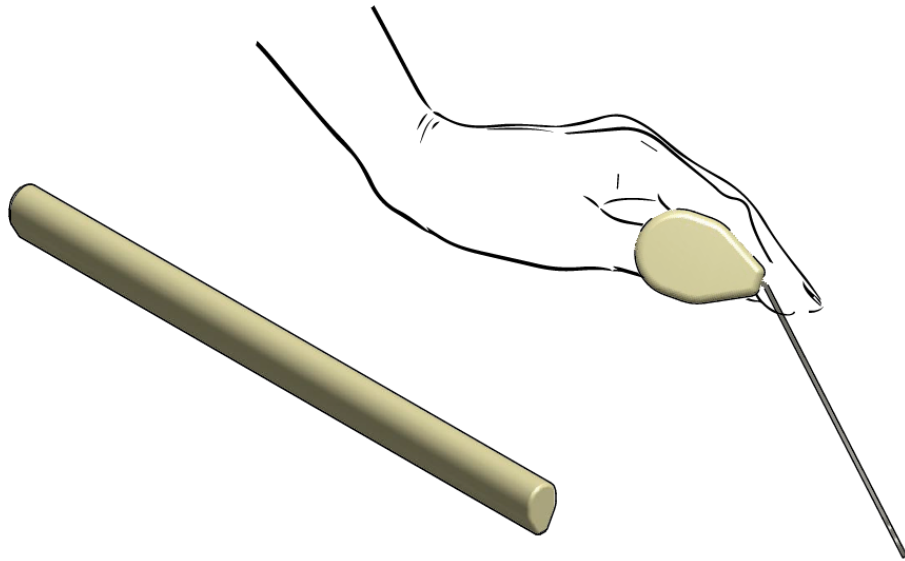


Figura 127: Isometría e inclinación de uso del soporte de agarre del separador

3.1.5.3 *Detalles y mecanismos de los elementos para el proceso de boleado*

3.1.5.3.1 *Divisor boleador para la función de bolear*

Para el proceso de boleado de las masas se utiliza el divisor boleador en sentido perpendicular al usuario, que debe usarse mediante movimientos lineales y circulares para elaborar un total de 32 bolas de masa con un procedimiento de doble boleado [véase manual de uso]. Este elemento cuenta con varias piezas que componen un sistema efectivo de boleado, las cuales son:

- 1) **El cuerpo cóncavo generador de bolas**, permite dar la forma redonda a las secciones de masa cortadas dentro de los canales del divisor boleador mediante el movimiento lineal que ejerce el panadero. Existen 4 de estas piezas dentro del divisor boleador (una por canal), miden 410 mm de largo, tienen la forma de un semicírculo de 21,5 mm de radio, lo cual permite elaborar bolas de 60 a 70 gr de peso y sus puntas son achatadas de modo que sean más resistentes al uso sin probabilidades de quiebre o desportillamiento.

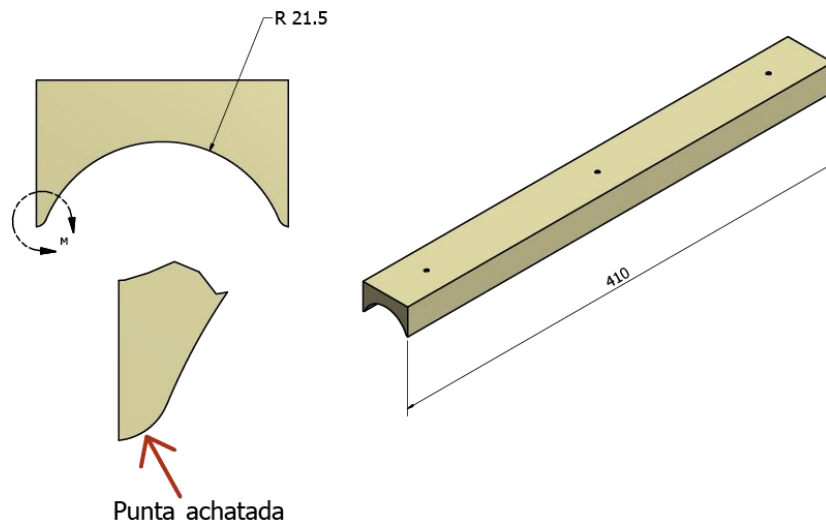


Figura 128: Detalles del listón de boleó

- 2) **La estructura de paredes de boleó**, está conformada por 4 paredes de boleó de 1mm de espesor soldadas a una estructura de acero inoxidable de modo que las paredes tengan buen filo, que la masa no se quede pegada y que tenga buena resistencia para lograr cortar los rollos de masa con facilidad [fig.129]. Esta pieza conforma los canales por donde se forman las bolas de masa junto con los cuerpos cóncavos generadores de bolas y permite direccionar y limitar el desplazamiento de las bolas de masa, al mismo tiempo que permite despegar las masas de la superficie de trabajo mediante el movimiento circular una vez que hayan sido cortadas a presión con el divisor boleador.

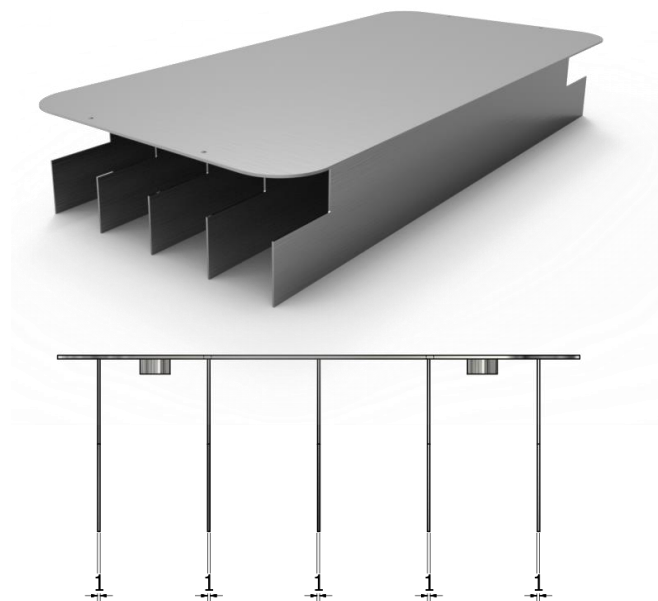


Figura 129: Detalles e isometría de la estructura de paredes de boleó

Esta estructura baja y sube por medio de un mecanismo de presión de los apoyos generadores de paredes. Para que quede firme se han diseñado unos accidentes en la forma de las piezas de presión y las jaladeras. Cuando se sujetan, debido a la presión ocasionan un sonido de clic que funciona como interface para comunicar al usuario que la pieza ha quedado en la posición adecuada para proceder con el proceso de boleado; para regresar la estructura a su posición inicial se deben apretar hacia abajo las jaladeras de modo que se suelten las piezas y mediante los resortes esta suban nuevamente.

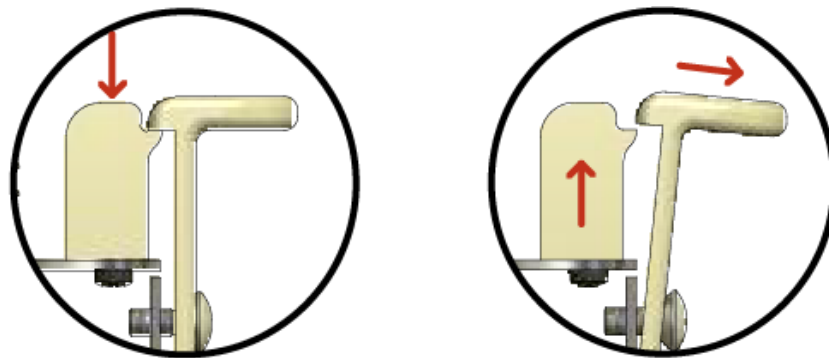


Figura 130: Mecanismo de sujeción y liberación de la estructura de paredes de boleado

Las paredes están a una cercanía de menos de un milímetro de los cuerpos cóncavos generadores de bolas, para que cuando estos suban, la masa que quede pegada se limpie automáticamente y se pueda recoger posteriormente.

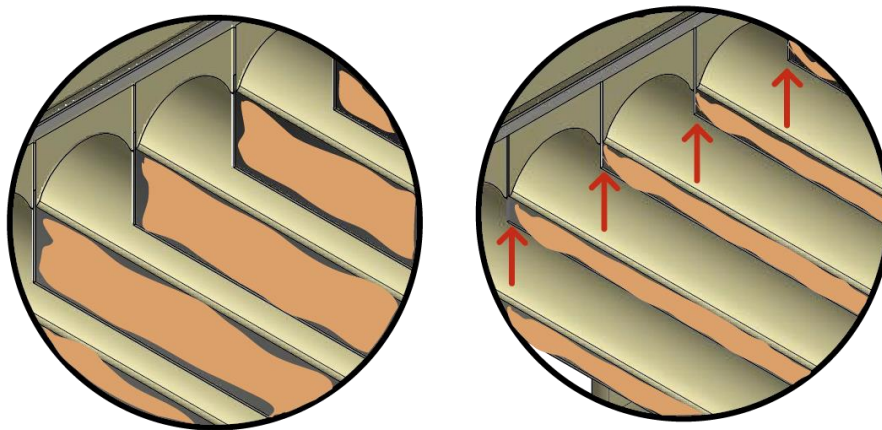


Figura 131: Sistema de auto limpieza de las paredes de boleado

Las paredes de la estructura tienen una forma de T invertida con una altura de 69 mm, las cuales permiten dar una altura total a los canales de boleado de 43 mm [fig.132]. Esta forma permite que las paredes entren en los conductos

de la estructura principal sin mayor problema en el momento del ensamblado [véase fig.133].

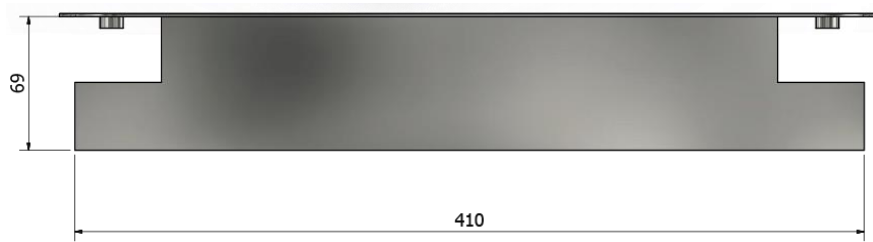


Figura 132: Forma de T invertida de las paredes de la estructura de paredes de boleo

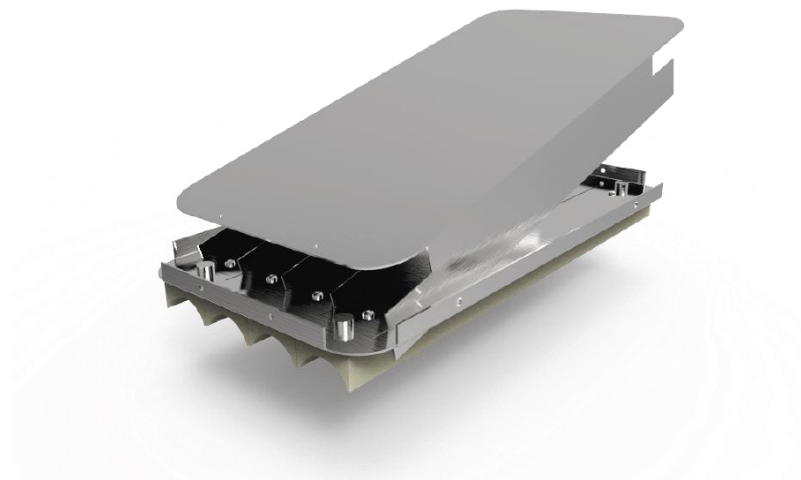


Figura 133: Forma de colocación de la estructura de paredes de boleo para el ensamblado

- 3) **La estructura principal**, es una pieza en la cual se disponen los cuerpos cóncavos generadores de bolas, sujetos por tornillos [fig.134] y separados a una distancia de 2 mm por los conductos.

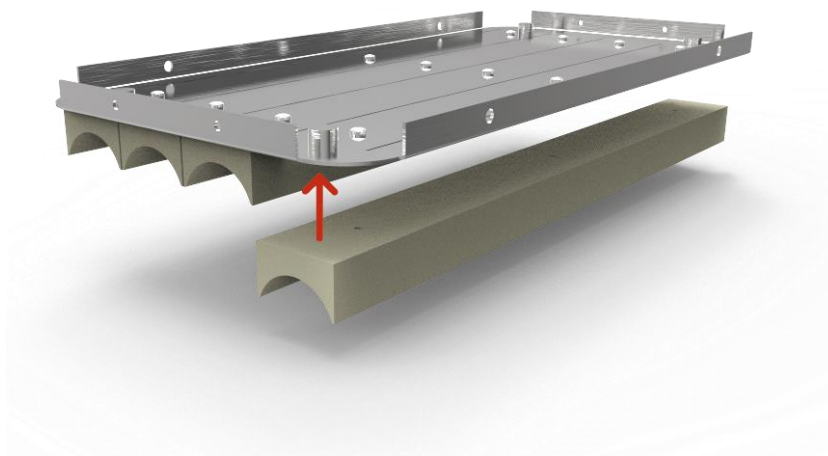


Figura 134: Disposición y colocación de los cuerpos cóncavos generadores de bolas en la estructura principal

Tiene unos apoyos cilíndricos para los resortes en sus cuatro esquinas al igual que la estructura de paredes de boleo, y unos dobleces a los costados que permiten ajustar los tornillos a la carcasa del divisor boleador.

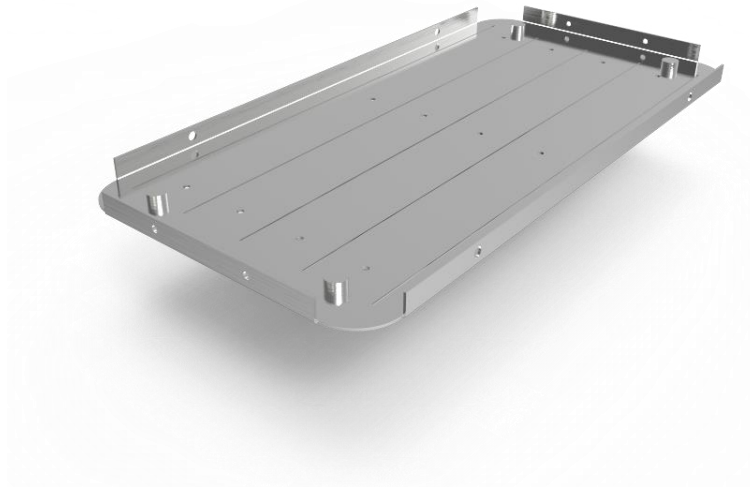


Figura 135: Vista en perspectiva de la estructura principal

- 4) **Los resortes**, tienen un diámetro de 12 mm y una altura 32 mm, y pueden comprimirse hasta 14mm.

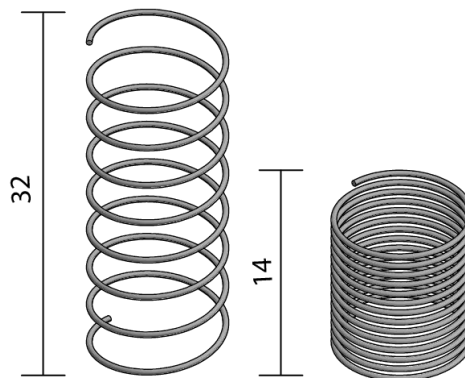


Figura 136: Alturas del resorte en estado neutro y en compresión

- 5) **Las agarraderas de boleo**, permiten al usuario tener una sujeción fuera de la estructura del divisor boleador y tiene una forma que a modo de interface comunica al usuario la posición exacta de agarre y manipulación del objeto para el proceso de boleo (en general la composición de todas las agarraderas demuestras al usuario que existe más de un sentido de uso del divisor boleador). En el lugar donde el usuario dispone sus dedos tiene una forma lisa de forma que pueda acoplarse a toda dimensión de manos, con un ángulo de 13° y con una longitud de 11 cm, lo cual permite usarse cómodamente hasta con el 95° percentil hombre que tiene un ancho de dedos de 9,5cm.

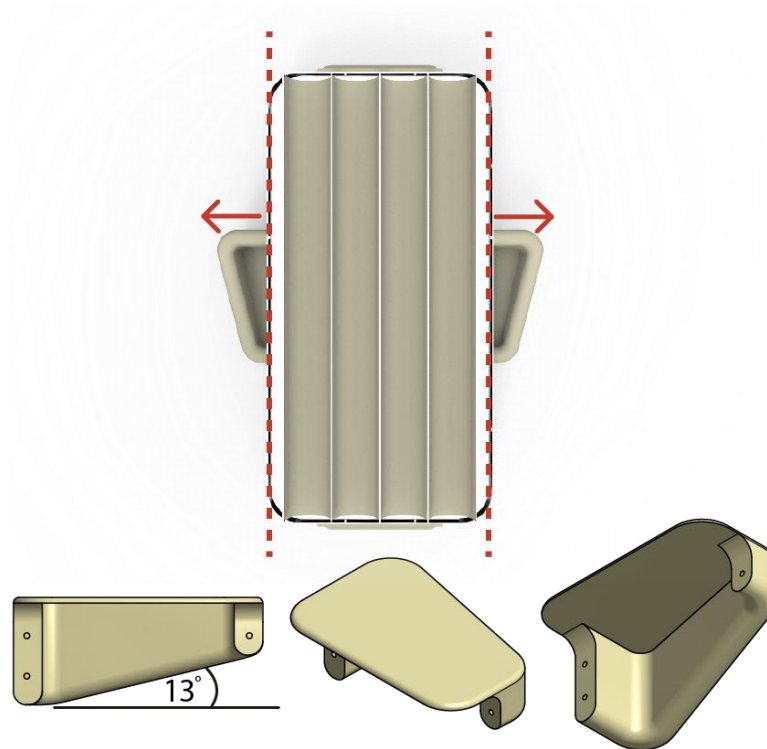


Figura 137: Disposición de las agarraderas de boleo en el divisor boleador, y varias simetrías

En la parte superior dispone de un apoyo para la palma y el pulgar, con un largo de 130 mm y un ancho de 85 mm; una de las caras laterales tiene una inclinación de 78° [fig.138].

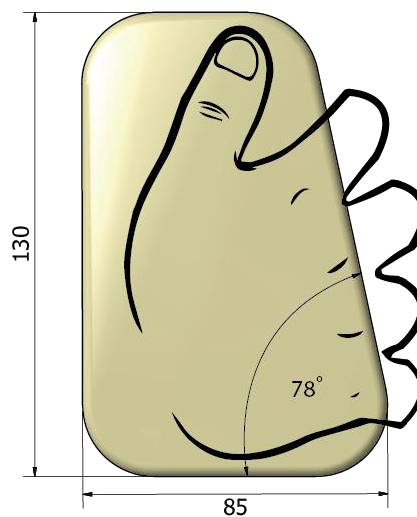


Figura 138: Dimensiones generales y posición adecuada de la mano en las agarraderas de boleo

La cara lateral dispuesta a 78° , permite disminuir el ángulo de flexión dorsal y radial de las muñecas que ejercería una agarradera dispuesta a 90° ; la flexión dorsal que se da es de aproximadamente 25° y con una desviación radial de 10° [véase fig.139].

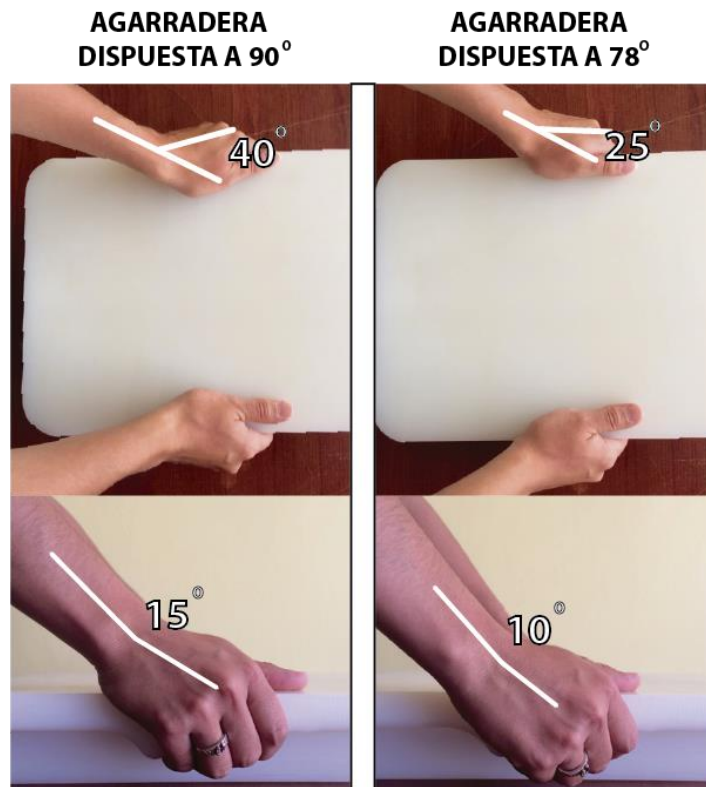


Figura 139: Ángulos de flexión dorsal y radial de las manos en agarraderas a 90° y 78°

- 6) **La carcasa**, define las dimensiones de todo el divisor boleador que son de 430 x 215 mm y con una altura de 52 mm. Tiene unas sustracciones en sus extremos para los apoyos generadores de paredes y dentro de esta pieza se ensambla la estructura principal. Las agarraderas de boleado se disponen en la mitad de la carcasa de modo que el panadero no sobrepase su alcance frontal de 66 cm cuando realice el movimiento lineal en el boleado.

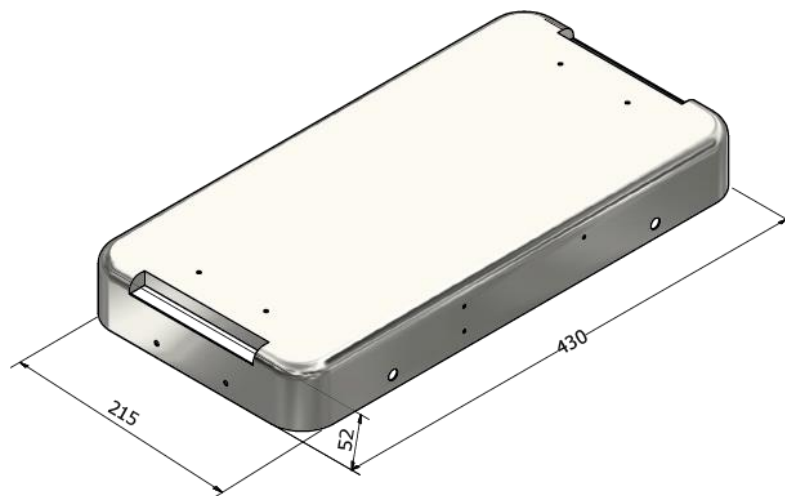


Figura 140: Dimensiones generales de la carcasa

3.1.5.4 Especificaciones de fabricación de las piezas

3.1.5.4.1 Corte de piezas en acero inoxidable

Las piezas en este material se cortarán por cizallamiento en cortadora hidráulica y por plasma (dependiendo de su complejidad) y tienen un espesor de 1mm, ya que según el criterio del experto Luis Yajamín es suficiente para fabricar estructuras resistentes en una máquina de dimensiones como la de la divisora boleadora propuesta y al mismo tiempo permitirá que sea ligera para su manipulación. Se utilizarán láminas de acero inoxidable AISI-304L de 1220 x 2440 mm que tienen un peso de 8,099 kg/m² y las piezas cortadas serán: el bastidor, el separador de masa, la estructura de paredes de boleo, la estructura principal y la carcasa.

Para el bastidor se cortarán dos tipos de piezas por cizallamiento:

- 1) Las caras que definen el ancho de todo el bastidor, que ocupan una superficie de 50 x 181 mm y que posteriormente al corte serán dobladas a 90° para obtener los volados superiores.



Figura 141: Dimensiones de la cara lateral del ancho del bastidor para corte en lámina de acero inoxidable

- 2) Las caras que definen el largo de todo el bastidor, que ocupan una superficie de 50 x 444 mm y que posteriormente al corte serán dobladas a 90° para obtener los volados superiores.

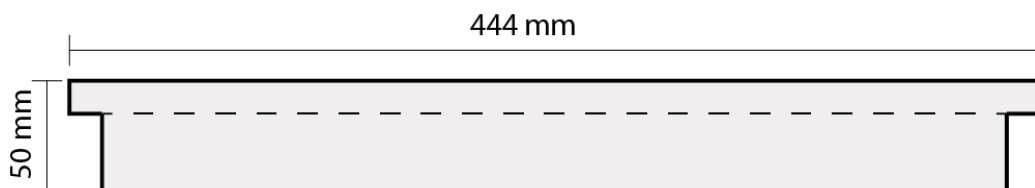


Figura 142: Dimensiones de la cara lateral del ancho del bastidor para corte en lámina de acero inoxidable

Una vez que las piezas hayan sido cortadas y dobladas se soldarán a 90° una pieza larga con una ancha, y finalmente las 4 piezas para formar el bastidor.

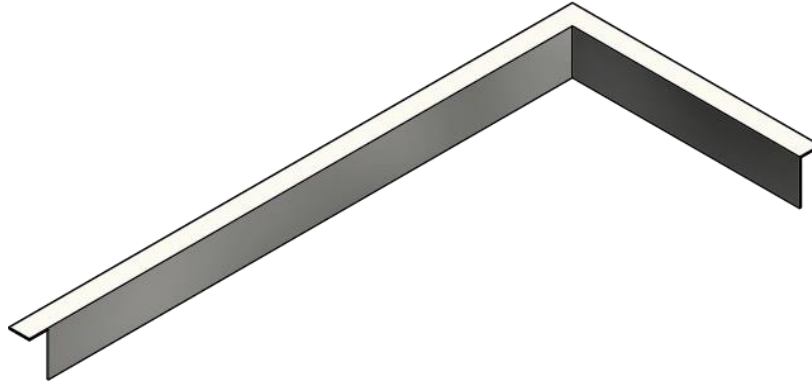


Figura 143: Soldado de pieza larga con una ancha

Con una lámina de acero se podrán fabricar 92 piezas del largo y 97 piezas del ancho, por lo cual se podrán fabricar un total de 46 bastidores por lámina de acero (con piezas de sobra para fabricar más bastidores); se generará con este tipo de corte un 4,8% de desperdicio, y cada bastidor después de ser soldado tendrá un peso aproximado de 0,5 kg.

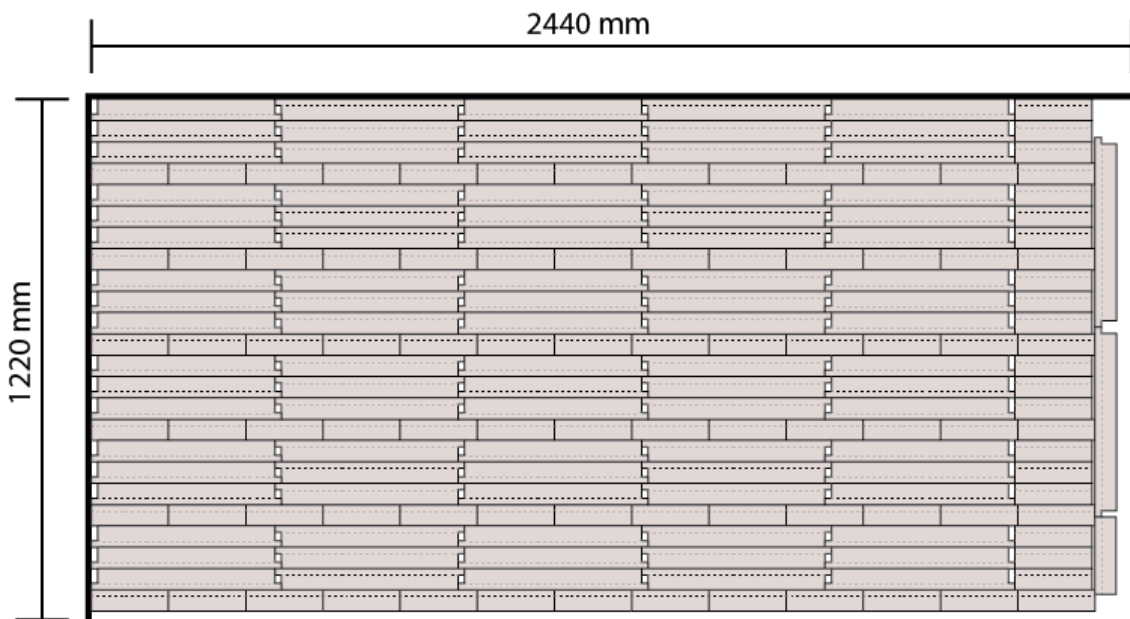


Figura 144: Cortes de las piezas para "bastidor" en una lámina de acero inoxidable

El Separador de masa, ocupa una superficie de 91 x 360 mm y luego del corte por cizallamiento será doblado a 137°. Con una lámina de acero se podrán fabricar un total de 96 elementos y se generará un 4,0 % de desperdicio, con un peso aproximado de 0,26 kg.

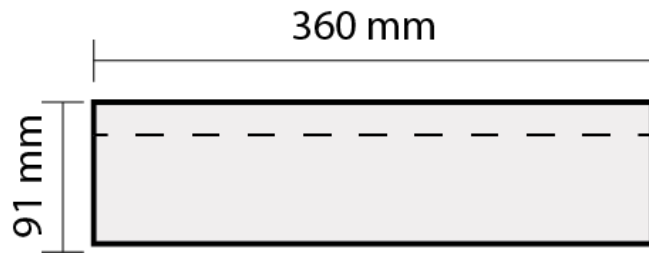


Figura 145: Dimensiones del separador de masa para corte en lámina de acero inoxidable

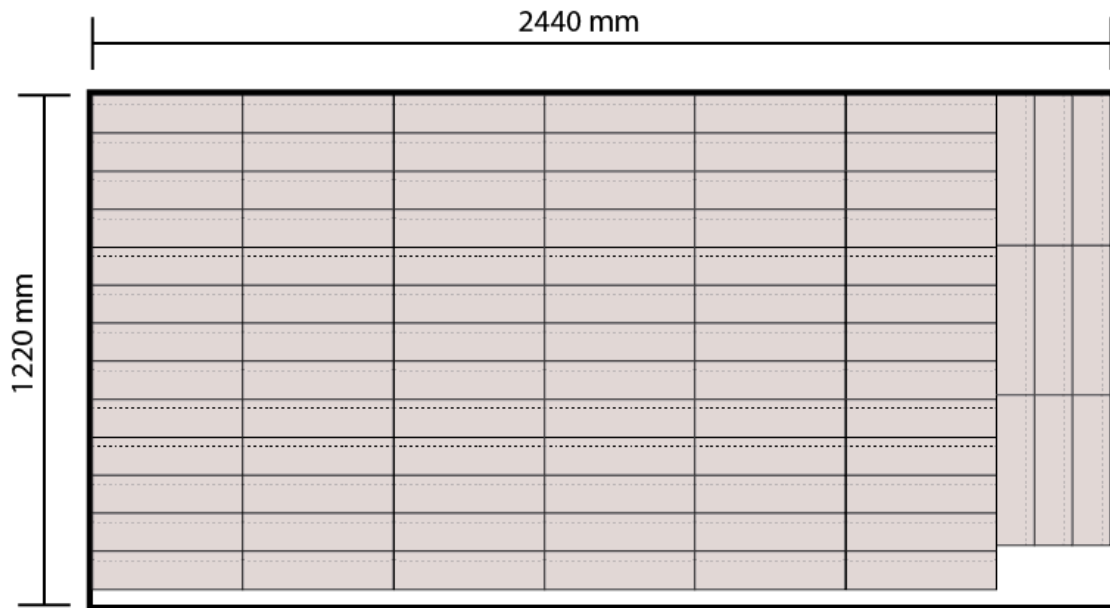


Figura 146: Cortes de las piezas “separador de masa” en una lámina de acero inoxidable

Para la estructura de paredes de boleo se cortarán dos tipos de piezas por cizallamiento:

- 1) La estructura base, que ocupan una superficie de 426 x 209 mm

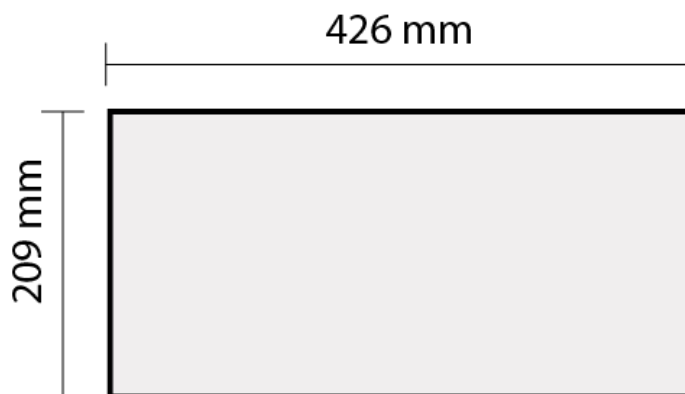


Figura 147: Dimensiones de la estructura base para corte en lámina de acero inoxidable

- 2) Las paredes, que son 4 por piezas por elemento y que ocupan una superficie de 320 x 69 mm y que posteriormente serán soldadas a la estructura base.

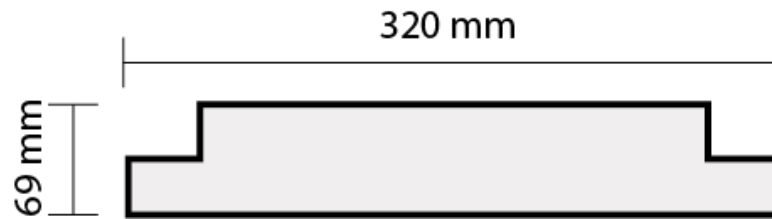


Figura 148: Dimensiones de las paredes para corte en lámina de acero inoxidable

Con una lámina de acero se podrán fabricar 15 piezas de la estructura base y 52 piezas de las paredes, por lo cual se podrán fabricar un total de 13 estructuras de paredes por lámina de acero (con piezas de sobra para fabricar más elementos); se generará con este tipo de corte un 9,7% de desperdicio, y cada estructura de paredes después de ser soldado tendrá un peso aproximado de 1,33 kg.

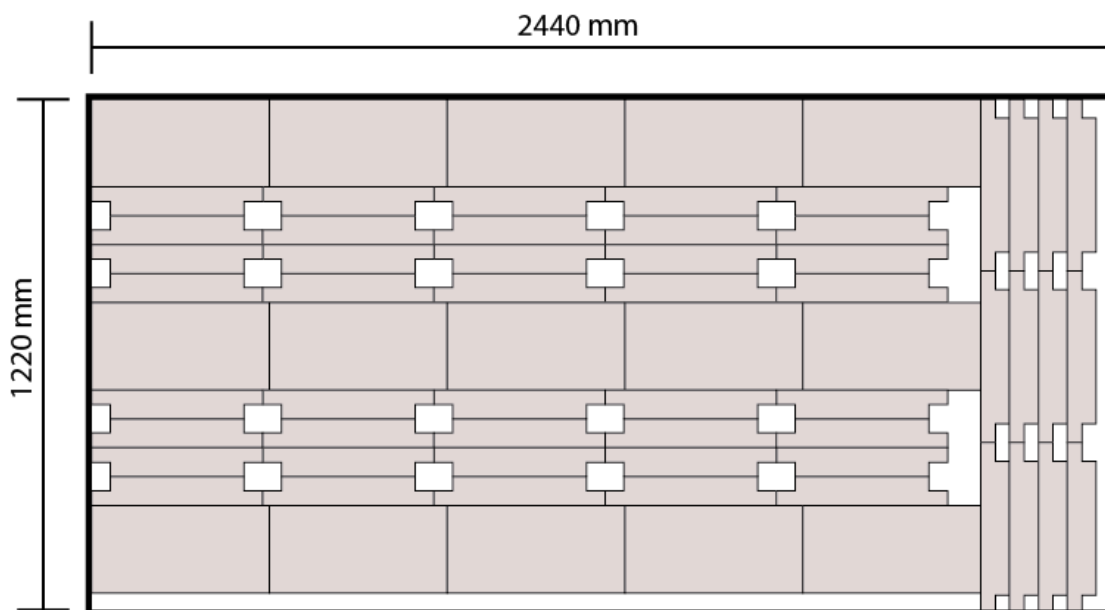


Figura 149: Cortes de las piezas para la “estructura de paredes de boleó” en una lámina de acero inoxidable

La estructura principal, ocupa una superficie de 448 x 233 mm y posterior al corte por plasma será doblada en sus extremos a 90°. Con una lámina de acero se podrán fabricar un total de 25 elementos y se generará un 13,8 % de desperdicio, con un peso aproximado de 0,74 kg.

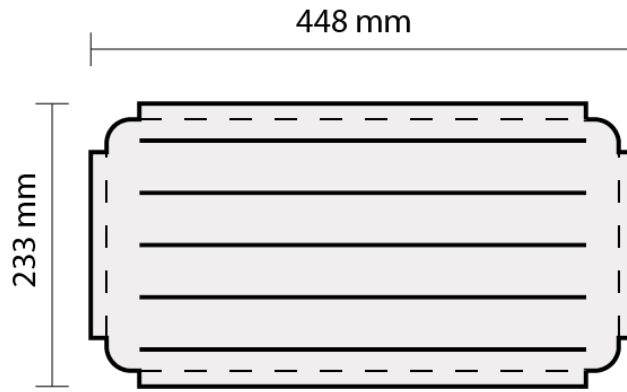


Figura 150: Dimensiones de la estructura principal para corte en lámina de acero inoxidable

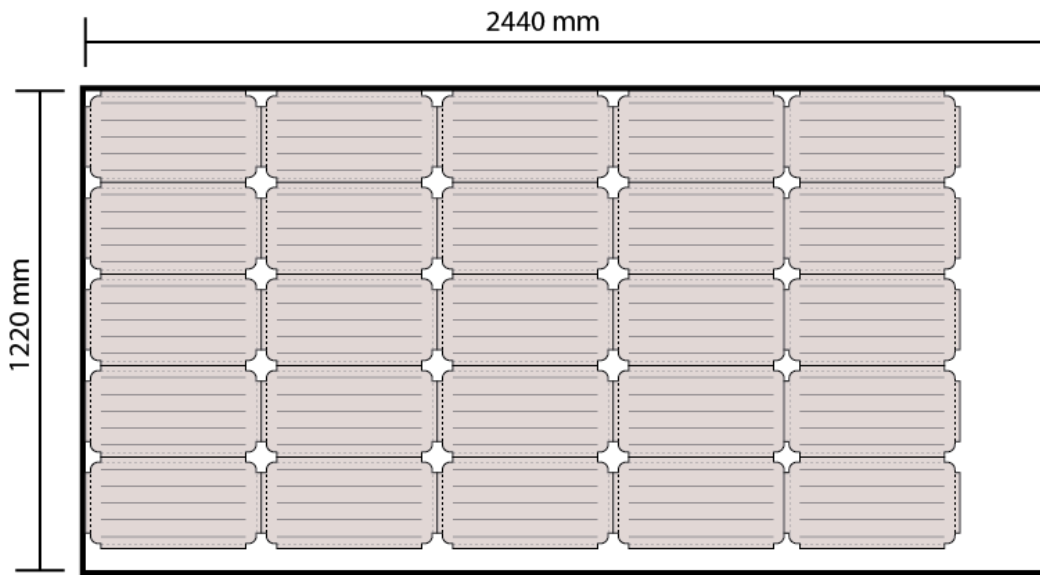


Figura 151: Cortes de las piezas “estructura principal” en una lámina de acero inoxidable

La carcasa, ocupa una superficie de 530 x 315 mm y luego del corte por plasma será embutida para tomar una forma cóncava con sus respectivas perforaciones para los tornillos. Con una lámina de acero se podrán fabricar un total de 14 elementos y se generará un 21,48% de desperdicio, con un peso aproximado de 1,25 kg.

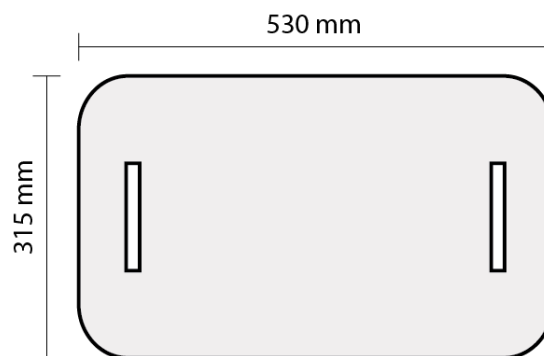


Figura 152: Dimensiones de la carcasa para corte en lámina de acero inoxidable

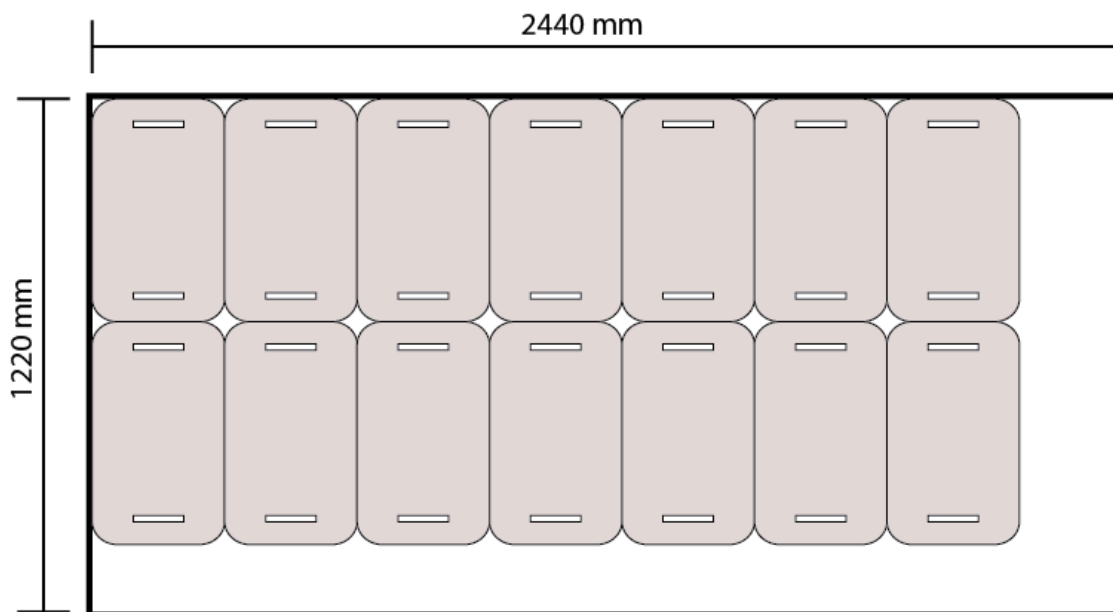


Figura 153: Cortes de las piezas “carcasa” en una lámina de acero inoxidable

Todos los desperdicios especificados podrán ser reducidos al colocar otras piezas más pequeñas en cada lámina, pero a modo de investigación se han calculado de esta manera para identificar la cantidad de piezas obtenidas por cada lámina de acero inoxidable, lo que ayudará en la etapa de definición de los costos de producción para establecer un estimado del número de láminas que se necesitarán.

3.1.5.4.2 Corte de piezas en Grilon

Para la fabricación de las piezas en grilon cabe reiterar que el mecanizado en CNC para el modelado a pesar de ser un proceso costoso y que generará mucho desperdicio de material en el desbaste, se ha incluido en el proyecto de investigación ya que conjuntamente con el director del proyecto, Diego Hurtado, y la gerente general de Proba, Amparo Yáñez, este método permitirá elaborar las primeras 100 máquinas pilotos para la venta y estimar el peso y costo aproximado de la divisora boleadora.

Los apoyos de presión utilizarán planchas de 1000 x 2000 mm y de 6mm de espesor y posterior al corte de cada pedazo de grilon se procederá a ser modelado por mecanizado CNC. La pieza ocupa una superficie de 120 x 55 mm por lo cual se pueden fabricar 296 piezas por cada plancha de grilon y generarán un 2,7% de desperdicio; cada pieza pesa aproximadamente 0,043 kg. El color rojo en la imagen 153 demuestra el desbaste que tendrá la pieza al ser modelada.

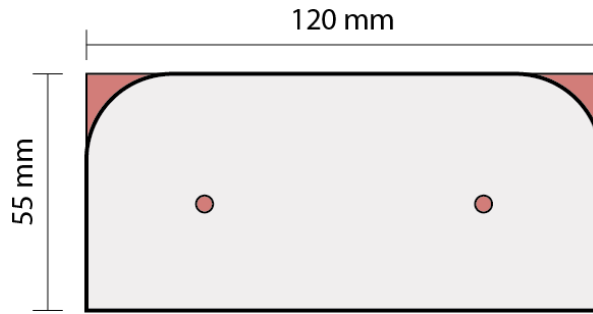


Figura 154: Dimensiones y desbaste del apoyo de presión para corte en plancha de grilon

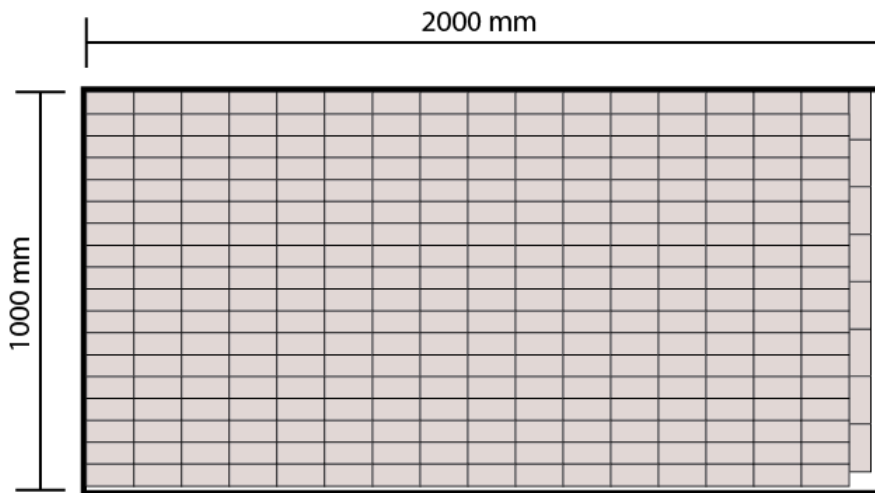


Figura 155: Cortes de las piezas “apoyos de presión” en una plancha de grilon

Los apoyos generadores de paredes utilizarán planchas de 1000 x 2000 mm y de 14 mm de espesor y posterior al corte de cada pedazo de grilon se procederá a ser modelado por mecanizado CNC. La pieza ocupa una superficie de 120 x 23 mm por lo cual se pueden fabricar 712 piezas por cada plancha de grilon y generarán un 0,7% de desperdicio; cada pieza pesa aproximadamente 0,040 kg. El color rojo en la imagen 155 demuestra el desbaste que tendrá la pieza al ser modelada.

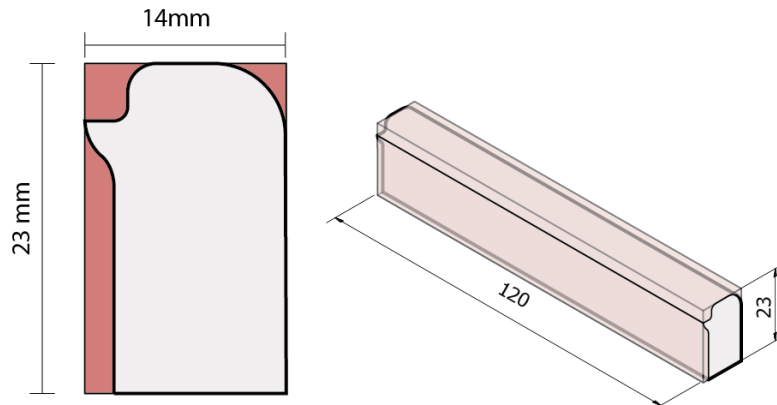


Figura 156: Dimensiones y desbaste del apoyo generador de paredes para corte en plancha de grilon

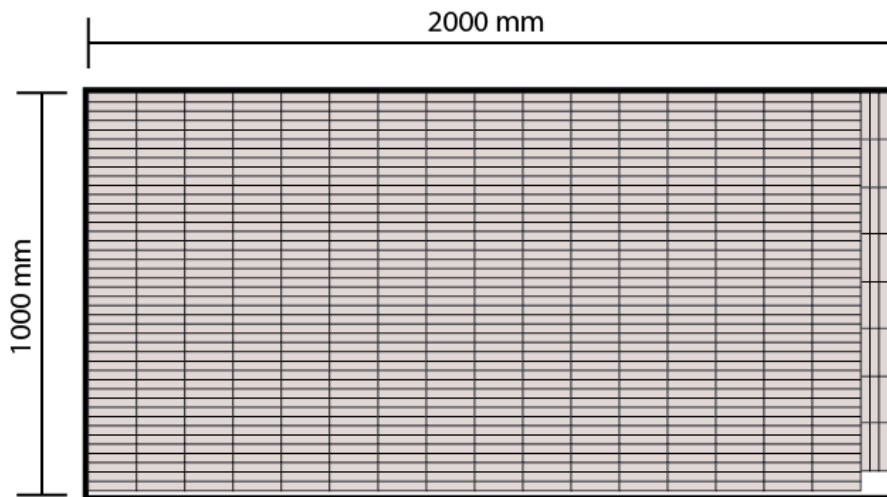


Figura 157: Cortes de las piezas “apoyos generadores de paredes” en una plancha de grilon

Las jaladeras utilizarán planchas de 1000 x 2000 mm y de 22 mm de espesor y posterior al corte de cada pedazo de grilon se procederá a ser modelado por mecanizado CNC. La pieza ocupa una superficie de 120 x 45 mm por lo cual se pueden fabricar 360 piezas por cada plancha de grilon y generarán un 2,8% de desperdicio; cada pieza pesa aproximadamente 0,033 kg. El color rojo en la imagen 145 demuestra el desbaste que tendrá la pieza al ser modelada.

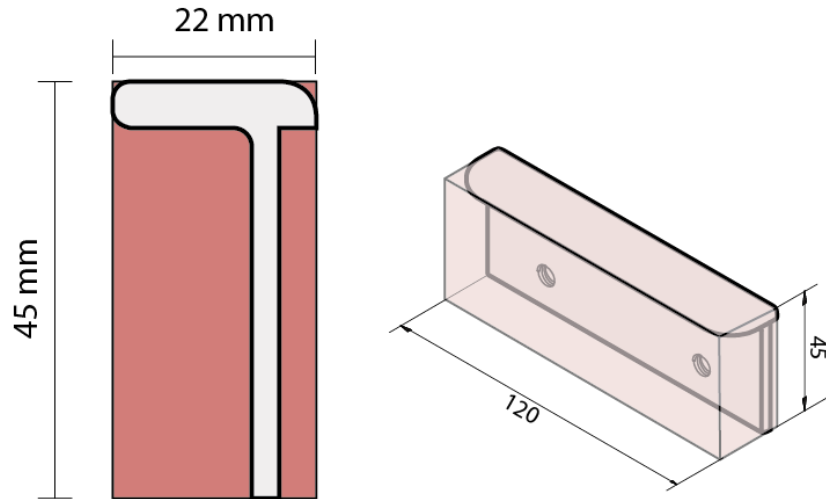


Figura 158: Dimensiones y desbaste de la jaladera para corte en plancha de grilon

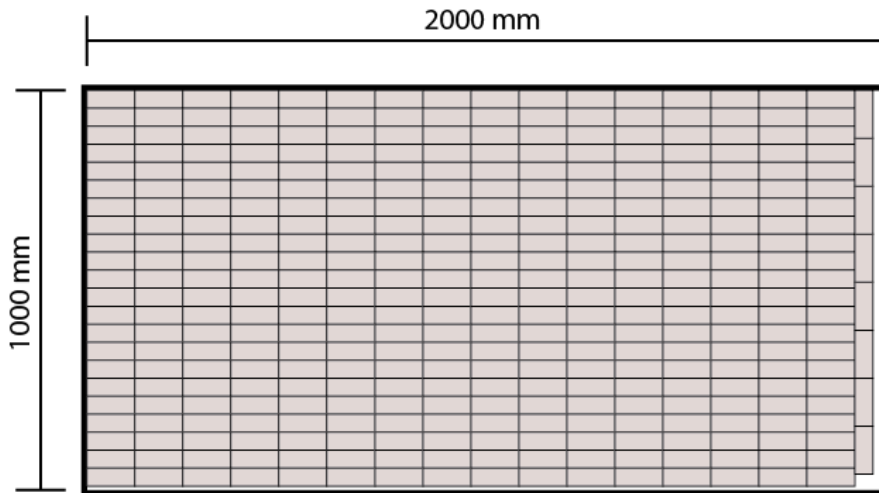


Figura 159: Cortes de las piezas “jaladeras” en una plancha de grilon

Los soportes de agarre del separador utilizarán planchas de 1000 x 2000 mm y de 20 mm de espesor y posterior al corte de cada pedazo de grilon se procederá a ser modelado por mecanizado CNC. La pieza ocupa una superficie de 370 x 30 mm por lo cual se pueden fabricar 175 piezas por cada plancha de grilon y generarán un 1,98 % de desperdicio; cada pieza pesa aproximadamente 0,15 kg. El color rojo en la imagen 159 demuestra el desbaste que tendrá la pieza al ser modelada.

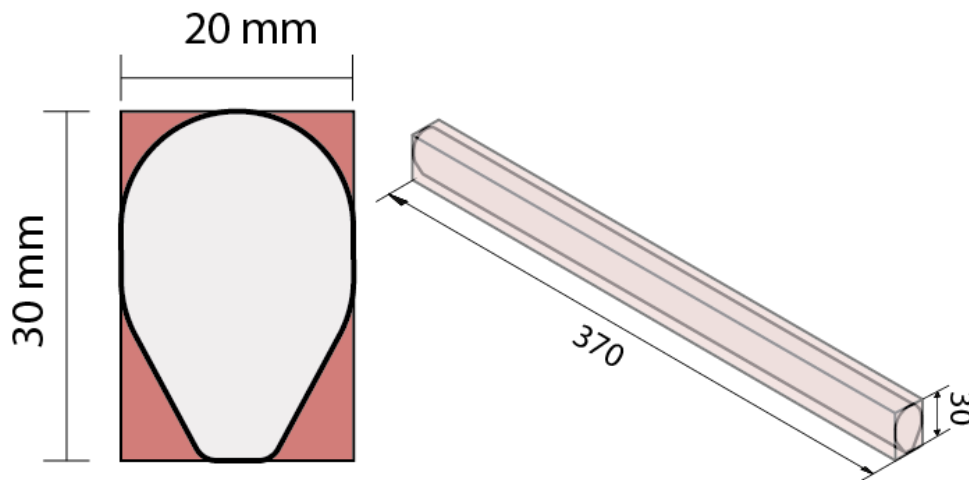


Figura 160: Dimensiones y desbaste del soporte de agarre del separador para corte en plancha de grilon

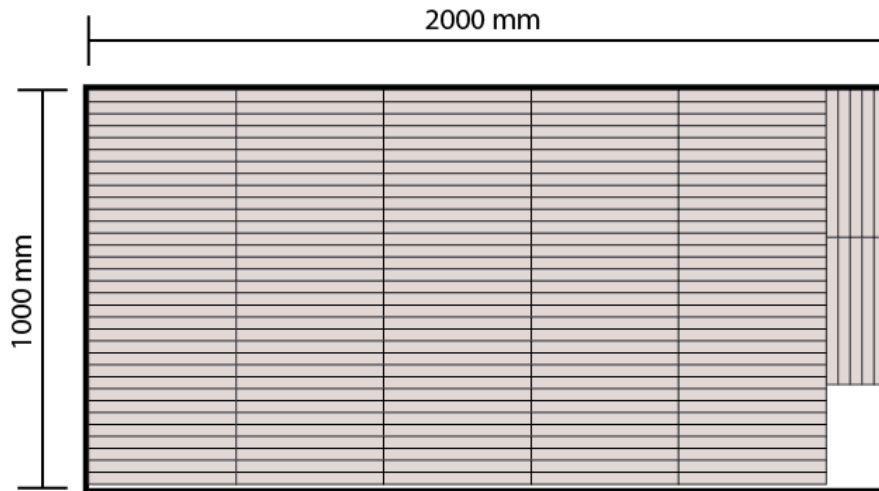


Figura 161: Cortes de las piezas “soporte de agarre del separador” en una plancha de grilon

Los cuerpos cóncavos generadores de bolas utilizarán planchas de 1000 x 2000 mm y de 25 mm de espesor y posterior al corte de cada pedazo de grilon se procederá a ser modelado por mecanizado CNC. La pieza ocupa una superficie de 410 x 43 mm por lo cual se pueden fabricar 92 piezas por cada plancha de grilon y generarán un 4,5% de desperdicio; cada pieza pesa aproximadamente 0,30 kg. El color rojo en la imagen 161 demuestra el desbaste que tendrá la pieza al ser modelada.

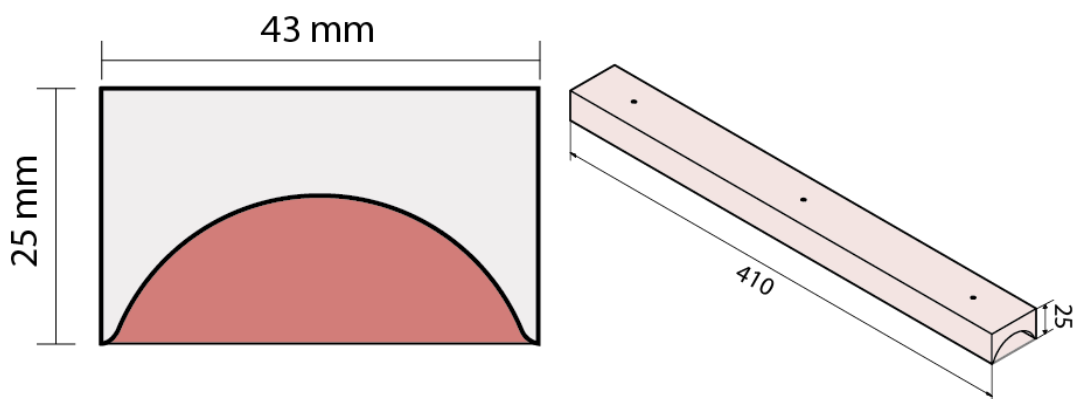


Figura 162: Dimensiones y desbaste del cuerpo cóncavo generador de bolas para corte en plancha de grilon

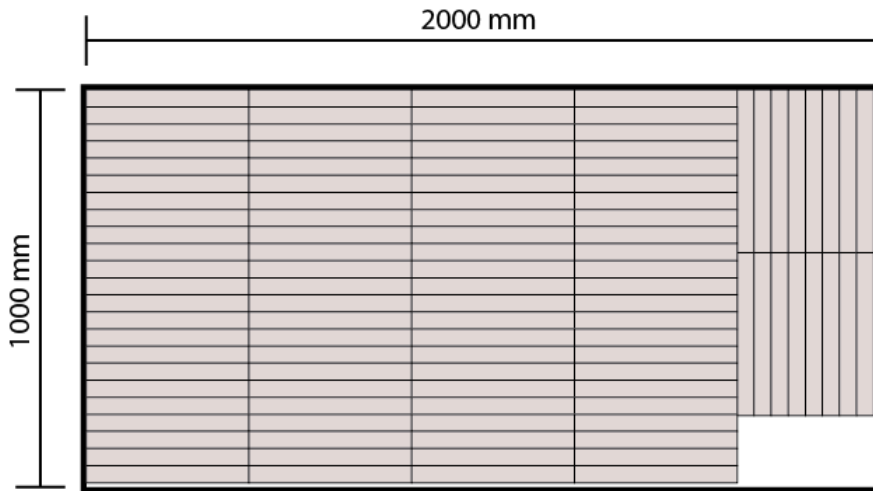


Figura 163: Cortes de las piezas “cuerpos cóncavos generadores de bolas” en una plancha de grilon

Las agarraderas de boleó utilizarán planchas de 1000 x 2000 mm y de 53 mm de espesor y posterior al corte de cada pedazo de grilon se procederá a ser modelado por mecanizado CNC. La pieza ocupa una superficie de 130 x 85 mm por lo cual se pueden fabricar 165 piezas por cada plancha de grilon y generarán un 8,8% de desperdicio; cada pieza pesa aproximadamente 0,08 kg. El color rojo en la imagen 163 demuestra el desbaste que tendrá la pieza al ser modelada.

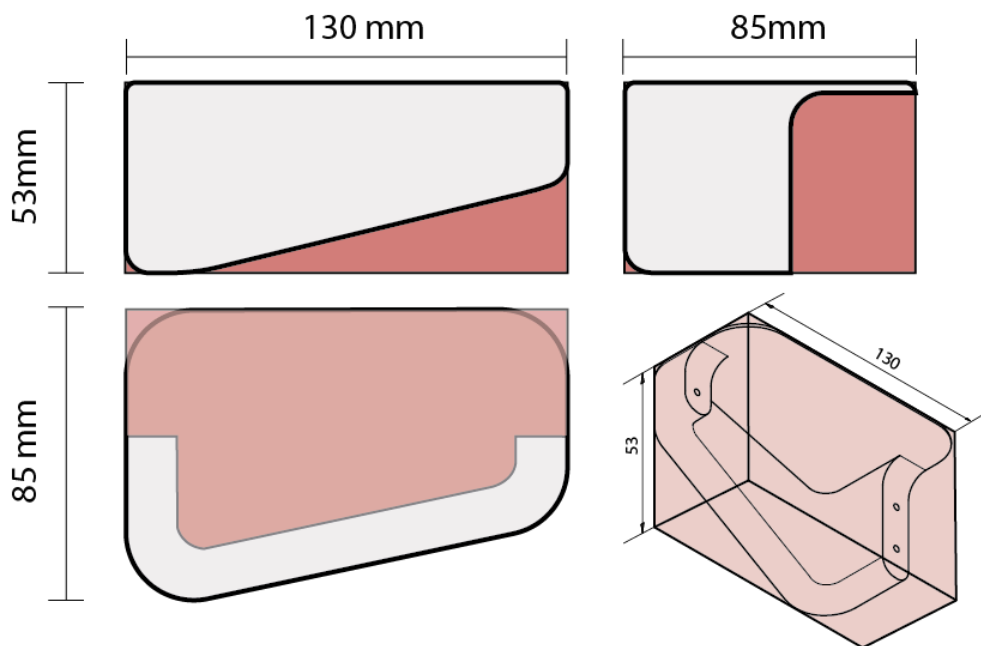


Figura 164: Dimensiones y desbaste de la agarradera de boleó para corte en plancha de grilon

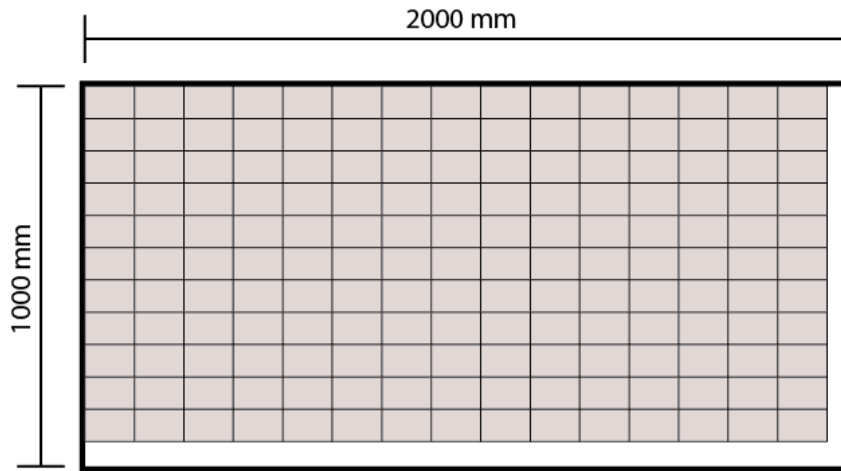


Figura 165: Cortes de las piezas “agarraderas de boleó” en una plancha de grilon

El peso total del divisor boleador es de 4,7 kg, el cual es un peso manipulable puesto que según el panadero Mateo Guerrero el prototipo de alta fidelidad que tiene un peso de 3,4 Kg es ligero. Solo se necesita levantar el objeto para cambiarlo de posición y los demás movimientos se realizan sobre la superficie de trabajo, por lo cual el usuario no se expone a tener que manipular el peso en el mayor tiempo del proceso.

3.2 Validación final de la propuesta de diseño

Según el proceso de evaluación de los diseños del ciclo de trabajo que establece la norma *ISO 13407: Human-centered design process for interactive systems* en esta etapa se evaluará la divisora boleadora manual, y como anteriormente ya se realizó el proceso de pruebas del funcionamiento con el panadero (puesto que en el diseño de maquinaria no se sigue necesariamente un lineamiento) ahora compete la confrontación con todos los requerimientos de los usuarios establecidos en el capítulo 1.

A continuación se han elaborado 3 matrices de ponderación para calificar objetivamente a la divisora boleadora de acuerdo a la satisfacción de los requerimientos del comitente y de los usuarios involucrados; la matriz responde a calificaciones que van desde muy mala a excelente de acuerdo a los criterios de los evaluadores.

Tabla 14:

Matriz de calificaciones y ponderaciones

Calificación	Ponderación
EXCELENTE	5
BUENA	4
REGULAR	3
MALA	2
MUY MALA	1

3.2.1 Confrontación con los requerimientos del comitente

En representación de Proba los evaluadores son:

- Amparo Yáñez, gerente general de Proba (Representada con el color rojo)
- Renzo Andrade, asesor comercial de Proba (Representado con el color azul)

Tabla 15:

Matriz de ponderación de los requerimientos del comitente

Requerimientos del comitente	Soluciones	Calificación	Ponderación	Promedio de ponderación
Usar materiales accesibles en el país	Uso de acero inoxidable y grilon	Excelente	5	5
		Excelente	5	
Disminuir los costos de producción del objeto	Materiales ligeros y económicos	Buena	4	4,5
	Técnicas de fabricación relativamente económicas			
	Mecanismo sencillos	Excelente	5	
	Divisora boleadora de dimensiones pequeñas			
Fácil de transportar e instalar	Consta de 3 elementos sencillos de dimensiones manipulables	Excelente	5	5
	No requiere de una instalación ni de transporte para carga pesada	Excelente	5	
	Peso total de todos los elementos = 5,6 Kg			
Estética adecuada a la industria alimenticia	Diseño limpio	Buena	4	4
	Materiales acordes a las máquinas de importación	Buena	4	
Diseñar un producto de buena calidad	Diseño robusto	Buena	4	4,5
	Detalles de gran precisión	Excelente	5	
	Materiales de excelente calidad			
Calificación promedial final				4,6

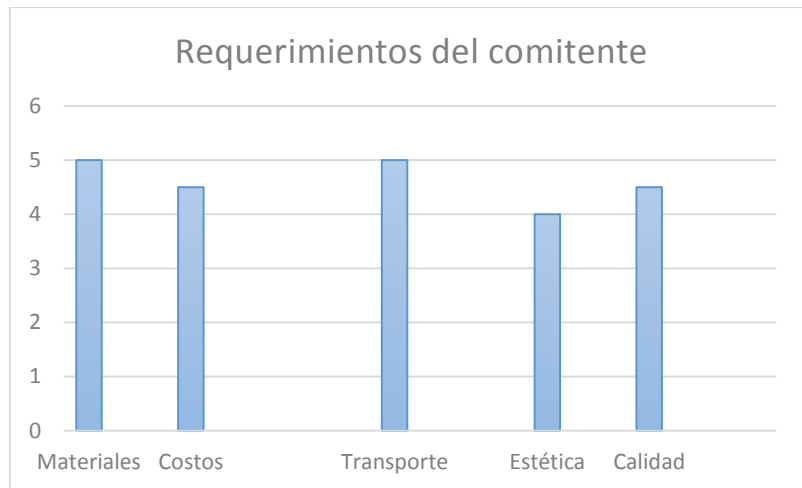


Figura 166: Tabulación de los resultados de satisfacción de los requerimientos del comitente

3.2.2 Confrontación con los requerimientos de los usuarios

Los evaluadores panaderos son:

- José Gallegos, panadero de 25 años de edad (Representado con el color rojo)
- Jesús Gaibor, panadero de 55 años de edad (Representado con el color azul)

Tabla 16:

Matriz de ponderación de los requerimientos de los panaderos

Requerimientos de los panaderos	Soluciones	Calificación	Ponderación	Promedio de ponderación
Adaptar el diseño a las medidas antropométricas de los percentiles del Ecuador	Producto con relación dimensional proporcional a las medidas de las manos	Excelente	5	5
	Alcances adaptados al 5° percentil mujer	Excelente	5	
	Agarraderas adaptadas al 95° percentil hombre			
Mejorar las condiciones ergonómicas del panadero	Posturas correctas en el uso	Regular	3	3,5
	Alcances adecuados			

	Movimientos apropiados y de corta duración	Buena	4	
	Diseño acondicionado al espacio de trabajo			
Utilizar estructuras apropiadas	Diseño robusto	Excelente	5	5
	Diseño con estructuras funcionales y precisas	Excelente	5	
Fácil de manipular	Peso del objeto principal de 4,7 Kg	Buena	4	4
	Dimensiones pequeñas			
	Uso de movimientos sencillos por parte del operario	Buena	4	
Permitir la variación de dimensiones de masa boleadas	Permite bolear masas de 60 a 70gr de volumen	Buena	4	4,5
		Excelente	5	
Utilizar interfaces de fácil comprensión	Disposición de agarraderas que comunican el proceso de usabilidad	Buena	4	4,5
	Morfología de las agarraderas que transmiten el correcto uso de los elementos	Excelente	5	
Fortalecer la vinculación entre hombre-máquina	Máquina manual con procesos de uso dinámicos	Excelente	5	5
	Percepción del objeto como una herramienta de ayuda que no solo lo reemplaza en su labor	Excelente	5	
Calificación promedial final				4,5

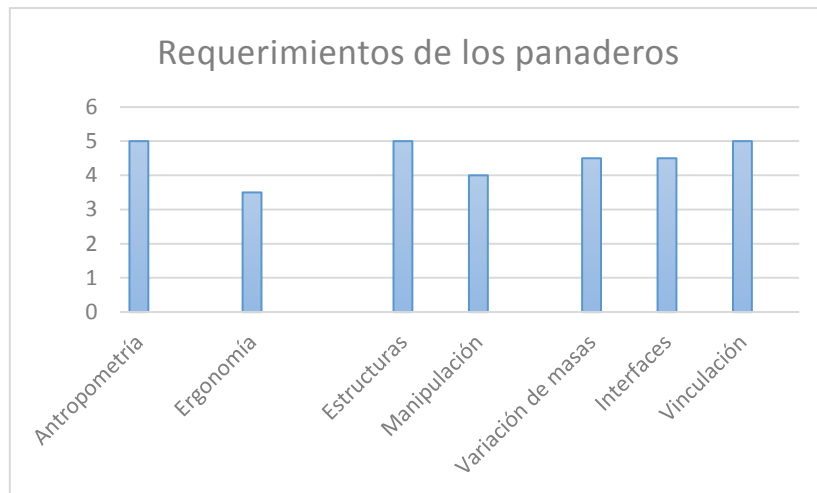


Figura 167: Tabulación de los resultados de satisfacción de los requerimientos de los panaderos

Los evaluadores en representación a las panaderías son:

- Mateo Guerrero, dueño de la panadería “El sol” (Representado con el color rojo)
- Juan Aúlla, dueño de la panadería “Dumbo”. (Representado con el color azul)

Tabla 17:

Matriz de ponderación de los requerimientos de las panaderías

Requerimientos de las panaderías	Soluciones	Calificación	Ponderación	Promedio de ponderación
Bajo costo de venta al público	PVP aproximado = 1500\$	Excelente	5	5
		Excelente	5	
Acortar el tiempo del proceso de boleado	Elaborar 32 bolas de masa dura 1 minuto y 45 segundos	Regular	3	3,5
		Buena	4	
Elaborar un número exacto de bolas por porción de masa boleada.	Elabora 32 bolas por cada carga de masa	Excelente	5	4,5
	El desperdicio de masa es de máximo 5 %	Buena	4	
Higiene	El panadero solo toca la masa al suministrarla a la máquina	Excelente	5	5

La máquina se auto limpia			
Los materiales soportan la corrosión	Excelente	5	
Elementos de fácil limpieza			
Utilización de superficies de baja rugosidad			
Calificación promedial final			4,5

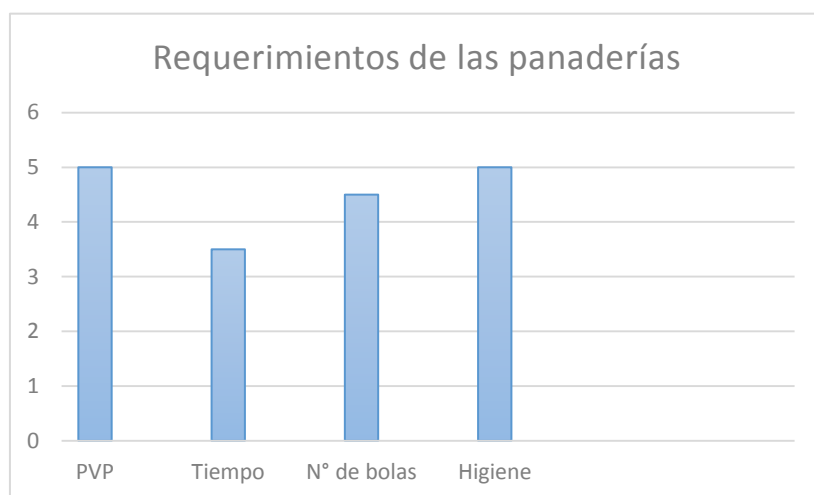


Figura 168: Tabulación de los resultados de satisfacción de los requerimientos de las panaderías

3.3 Costos del proyecto

3.3.1 Costo de producción

A petición de Proba se ha definido únicamente los costos de materia prima y mano de obra aproximados para la fabricación de las primeras 100 unidades piloto de divisoras boleadoras; la empresa posteriormente se encargará de estimar los valores en gastos indirectos y operativos puesto que su visión a futuro es lograr exportar esta máquina. Le corresponde a Proba estimar la cantidad de divisoras boleadoras que se fabricarán según su plan de mercadeo.

Los costos de mano de obra se han calculado de acuerdo a cotizaciones informales que se han obtenido de varios lugares que ofrecen estos servicios y el único proceso que se podrá realizar dentro de la empresa será el de ensamblado. Debido al elevado costo de fabricación de las matrices para el proceso de embutición de láminas de acero,

no se lo ha incluido en los costos de producción de las primeras unidades piloto. Para tener una noción del costo de las matrices, el señor Ángel Tello García, gerente general de la empresa “Grupo Telgar”, manifiesta que: “El costo de las matrices para la fabricación de la carcasa de la divisora boleadora tiene un costo aproximado de 18.000 dólares, y podrán fabricarse de 12.000 a 15.000 reproducciones” (Á. Tello, comunicación personal, 25 de Julio del 2017). Grupo Telgar es una empresa con la cual Proba tiene alianza para la fabricación de bandejas de acero para hornos.

Tabla 18:

Costo total de materia prima

MATERIA PRIMA (100 unidades de divisoras boleadoras)					
Nombre de la pieza	Cantidad	Descripción	Unidad	Valor unitario (dólares)	VALOR TOTAL (dólares)
Bastidor	100	Lámina de acero inoxidable de 1220x1440x1 mm	2	106,7	213,40
Separador	100	Lámina de acero inoxidable de 1220x1440x1 mm	1	106,7	106,70
Estructura de paredes de boleado	100	Lámina de acero inoxidable de 1220x1440x1 mm	8	106,7	853,60
Estructura principal	100	Lámina de acero inoxidable de 1220x1440x1 mm	4	106,7	426,80
Carcasa	100	Lámina de acero inoxidable de 1220x1440x1 mm	7	106,7	746,90
Apoyo de presión	200	Plancha de grilon de 1000x2000x6 mm	2/3	222,7	148,47
Apoyo generador de paredes	200	Plancha de grilon de 1000x2000x14 mm	1/3	528,2	176,07
Jaladera	200	Plancha de grilon de 1000x2000x22 mm	2/3	763,35	508,90
Soporte de agarre del separador	100	Plancha de grilon de 1000x2000x20 mm	1/2	704,25	352,13
Cuerpo cóncavo generador de bolas	400	Plancha de grilon de 1000x2000x25 mm	4 1/2	853,65	3841,43
Agarradera de boleado	200	Plancha de grilon de 1000x2000x53 mm	1 1/5	2200	2640,00

Tornillo de cabeza avellanada	800	Acero inoxidable	800	0,65	520,00
Tornillo de cabeza redonda	2200	Acero inoxidable	2200	0,3	660,00
				TOTAL	11194,38

Tabla 19:

Costo total de mano de obra

MANO DE OBRA (100 unidades de divisoras boleadoras)			
Descripción	Unidad	Valor unitario	VALOR TOTAL (dólares)
Corte plasma	600 minutos	3,32 dólares / minuto	1992
Doblado de metal	800 dobleces	50 ctvs. / doblez	400
Soldadura TIG	148 metros	35 dólares / metro	5180
Embutición de chapa	100 piezas	8 dólares / pieza	800
Mecanizado CNC	2000 horas	20 dólares / hora	40000
Ensamblador	30 horas	2,17 dólares / hora	65,1
TOTAL			48437,1

Por lo tanto, la suma total del costo primo para la fabricación de las 100 máquinas pilotos se muestra a continuación:

Tabla 20:

Costo primo total

COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA	11194,38
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA	48437,1
COSTO PRIMO TOTAL (Dólares)	59631,48

De acuerdo a los resultados, el costo de fabricación de una sola divisora boleadora será de 596,31 dólares; y según Amparo Yáñez: “Una vez que se estimen dentro del precio final de la divisora boleadora los demás costos, más el 40% del costo total que corresponde a la ganancia neta que marginaría Proba y más el IVA actual que es el 12%, la máquina tendría aproximadamente un precio de venta al público de 1.500 dólares, lo cual es un precio razonable para el mercado panadero de producción mediana” (A. Yáñez, comunicación personal, 15 de Julio del 2017).

3.3.2 Costos de diseño

El cálculo se realizó tomando en cuenta el número de horas empleadas en cada tarea por el valor de la hora de trabajo de un profesional en diseño recién graduado, tomando como referente el criterio del director del presente proyecto, Diego Hurtado. Se ha sumado también los costos de fabricación de los modelos y prototipos realizados a lo largo del desarrollo del proyecto.

Tabla 21:

Costo total de tiempo del diseñador

Ítem	Descripción	Tiempo estimado (horas)	Precio/Hora	VALOR TOTAL (Dólares)
1	Primera reunión	3	12,5	37,5
2	Investigación	30	12,5	375
3	Entrevistas con los usuarios	8	12,5	100
4	Análisis de divisora boleadora Ferneto	5	12,5	62,5
5	Recopilación de datos	35	12,5	437,5
6	Desarrollo del concepto	60	12,5	750
7	Fabricación de los modelos	25	12,5	312,5
8	Pruebas con los modelos	30	12,5	375
9	Desarrollo del prototipo digital	25	12,5	312,5
10	Fabricación del prototipo	20	12,5	250
11	Pruebas con el panadero	4	12,5	50
12	Desarrollo de la propuesta digital final	35	12,5	437,5
13	Validación	5	12,5	62,5
			TOTAL	3562,5

Tabla 22:

Costo total de los modelos y prototipos

Objeto	Descripción	VALOR TOTAL (Dólares)
Modelo de análisis de la máquina para hacer galletas	Acero galvanizado de 0,9 mm y soldado	40
Modelo de análisis de la formadora de pan baguette	Madera de laurel modelado en CNC	50
Modelo de análisis de la máquina para fabricación de carnada	Madera de pino modelado en torno	35
Modelo de análisis de la máquina lineal para fabricación de carnada	Madera de laurel modelado en CNC	100
Primer modelo conceptual de boleador	Madera de laurel modelado en CNC	65

Tercer modelo formal de boleador	Madera de pino modelado en CNC	45
Primer modelo formal de boleador	Madera de pino modelado en CNC	50
Segundo modelo formal de boleador	Madera de pino modelado en CNC	50
Primer modelo de contenedor y separador	Acero inoxidable de 1mm, soldado con MIG	35
Boleador del prototipado de alta fidelidad	Grilon de 65mm, modelado en CNC	350
Bastidor del prototipado de alta fidelidad	Acero inoxidable de 1mm, soldado con MIG y pintado	20
Divisor del prototipado de alta fidelidad	Madera de laurel modelado en CNC y pintado	25
Separador del prototipado de alta fidelidad	Acero inoxidable de 1mm, doblado y pintado	7
TOTAL		872

Por lo tanto, la suma total del costo de diseño de todo el proyecto se muestra a continuación:

Tabla 23:

Costo total del diseño

COSTO TOTAL DE TIEMPO DEL DISEÑADOR	3562,5
COSTO TOTAL DE LOS MODELOS Y PROTOTIPOS	872
COSTO TOTAL DEL DISEÑO (Dólares)	4434,5

X. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones:

Con el aporte del Diseño de Producto en la fabricación de una divisora boleadora se ha logrado obtener un criterio objetivo en cuanto al tipo de maquinaria adecuada al mercado panadero de producción mediana. De esta manera se ha podido identificar y satisfacer las necesidades de todos los usuarios involucrados ya que se ha incluido a cada uno de ellos dentro de todo el proceso del desarrollo del presente proyecto.

Se ha dado énfasis en demostrar que el área de diseño como parte del proceso productivo de una empresa permite dar soluciones a las necesidades reales de todos los usuarios, tomando como ejes principales la innovación, la simplificación del diseño y el costo accesible.

El diseño propuesto tiene además el valor agregado de mejorar la productividad de las panaderías incrementando el número unidades de panes que se elaboran a diario, con un menor desgaste físico del panadero y en menor tiempo de trabajo, con la consiguiente reducción de costos de producción. Sin embargo Proba se encargará de cuantificar estos datos ya que la máquina propuesta debe someterse a varias pruebas de validación y diversos tipos de análisis que la empresa deberá realizar si considera la factibilidad de lanzarla al mercado local.

Recomendaciones:

El proceso de validación de la máquina implica fabricar otros prototipos hasta lograr la maquina ideal en funcionamiento y costos. Se deja claro que Proba incurrirá en costos adicionales.

Si la empresa decide iniciar el proceso de fabricación a nivel industrial, se recomienda optimizar los costos de producción reemplazando la técnica de fabricación en CNC por el proceso de inyección de plástico, lo cual permitirá fabricar piezas en serie con una reducción de aproximadamente 70% en la fabricación de las piezas de polímero. Este significativo porcentaje aplicado al costo directo reducirá el precio de venta al público a un valor menor de 1.000 dólares.

Se recomienda a la PUCE diseñar un plan de estudios orientados a incentivar en el estudiante la creación de productos innovadores que puedan aportar a la pequeña y mediana industria nacional. Al término de cada semestre sería interesante que cada estudiante logre producir uno o varios de los proyectos que haya diseñado. De esta manera se puede tener una noción integral de los procesos que existen en la producción y que el estudiante desconoce.

Por último se recomienda a la PUCE realizar las acciones pertinentes destinadas a renovar los recursos tecnológicos que dispone para la fabricación de prototipos de estudio.

XI. Bibliografía

LIBROS:

Calvera, A. (2007), *De lo bello de las cosas: Materiales para una estética del diseño* (1era ed.). España: Gustavo Gill.

Cañas, J. (2004). *Personas y máquinas: el diseño de su interacción desde la ergonomía cognitiva*. Madrid, España: Pirámide.

Deutschman, A., Michels, W. y Wilson, C. (1995). *Diseño de máquinas: teoría y práctica*. (6ta ed.) México D.F., México: Continental.

Lauring, W. y Vedder, J. (1998). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo: Ergonomía* (1ra ed.). Madrid, España: Chantal Dufresne.

Marx, A. (2010). *El capital: crítica de la economía política*. (29na ed.) Madrid, España: Siglo XXI.

Mondelo, R. (1994). *Ergonomía 1: Fundamentos* (1ra ed.). Barcelona, España: Mutua Universal.

Myszka, D. (2012). *Máquinas y mecanismos*. (4ta ed.) México: Pearson Education.

Norman, D. (1990). *La psicología de los objetos cotidianos*. (1ra ed.). Madrid, España: Nerea.

Norman, D. (2010). *El diseño de los objetos del futuro: la interacción entre el hombre y la máquina*. (1ra ed.) Barcelona, España: Paidós.

Norton, R. (2013). *Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos* (5ta ed.) México D.F., México: Mc Graw Hill.

Panero, J. y Zelnik, M. (2009). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores* (1ra ed.). Bogotá, Colombia: Gustavo Gill.

Ramírez, C. (2008). *Ergonomía y productividad*. (2da ed.). México: Limusa.

Sudjic, D. (2009). *El lenguaje de las cosas* (1ra ed.). Madrid, España: Turner Noema.

Vila, C. (2005). *Tecnología Mecánica: Metrología y procesos de conformado de metales sin arranque de viruta*. Castellón, España: Publicaciones Universidad Jaime I.

SITIOS WEB:

Aceros industriales HGB. (Sin fecha). *Planchas de acero inoxidable* [imagen].
Recuperado de

<http://www.acerosindustrialeshgb.com/ecuador/seccion/2578/8716/7/> aceros-
industriales-hgb

Avances tecnológicos. (2015). *Procesos de manufactura sin arranque de viruta: doblado* [imagen]. Recuperado de <https://ronalquinte29.files.wordpress.com/2015/03/03-02-deformacion-frio-03.jpg>

Dipac Manta S.A. (2016). *Planchas de acero inoxidable*. Recuperado de <http://www.dipacmanta.com/planchas-inoxidables>

Doblado de Chapa. (2011). *Dobladora de chapa* [imagen]. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Doblado_de_chapa#/media/File:Dobladora.jpg

Ferneto. (2013). *Divisora de masas* [imágenes]. Recuperado de <http://www.ferneto.com/equipamentos/divisoras>

Grumeber. (Sin fecha). *Mecanizado CNC*. Recuperado de <http://www.grumeber.com/mecanizado-que-es/>

Interempresas. (Sin fecha). *Fresadora CNC* [imagen]. Recuperado de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Fresadora-CNC-Helfer-F4-CNC-49510.html>

Laser Mecafort. (Sin fecha). *Ranurado con plasma* [imagen]. Recuperado de <http://www.corteporlasermadrid.com/como-es-un-corte-por-plasma/>

Luckie muebles inoxidables. (Sin fecha). *Mesas de trabajo* [imagen]. Recuperado de http://www.luckie.com.mx/Mesas_Trabajo.html

Manufacturas Lenin. (2013). *Cortadora automática y boleadora de testales* [captura de pantalla]. Podcast recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=bA_e8RQOpGk

Milvaques,A. (2015). *Diseño higiénico en la industria alimentaria*. Recuperado de <http://www.betelgeux.es/blog/2015/03/25/disenio-higienico-en-la-industria-alimentaria/>

Mimac. (Sin fecha). *Línea de pastelería* [imágenes]. Recuperado de <http://www.mimac.com/>

Nova. (Sin fecha). *Hornos* [imagen]. Recuperado de <http://nova.pe/empresa/maquinaria.html>

Oxiplasma. (Sin fecha). *Oxicorte o plasma*. Recuperado de <http://www.oxiplasma.es/index.php/saber-mas/84-oxicorte-o-plasma>

Paternina, D. (2013). *Materiales de ingeniera: cizallado*. Recuperado de <http://metodosdeconformadodemetales.blogspot.com/2013/03/cizallado.html>

Paternina, D. (2013). *Materiales de ingeniera: cizallado* [imagen]. Recuperado de <http://metodosdeconformadodemetales.blogspot.com/2013/03/cizallado.html>

Ruelas, L. (2015). *Cortadora boleadora con guarda de muestra* [captura de pantalla]. Podcast recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=4RE4LxM2d5A>

Soldadura Manual TIG. (Sin fecha). *Soldadura manual TIG de aceros inoxidable y alta aleación con cromo o níquel: exposición a humos metálicos* [imagen]. Recuperado de <http://stp.insht.es:86/stp/basequim/011-soldadura-manual-tig-de-aceros-inoxidables-y-de-alta-aleaci%C3%B3n-con-cromo-o-n%C3%ADquel-exposi>

Soldadura Manual TIG. (Sin fecha). *Soldadura manual TIG de aceros inoxidable y alta aleación con cromo o níquel: exposición a humos metálicos*. Recuperado de <http://stp.insht.es:86/stp/basequim/011-soldadura-manual-tig-de-aceros-inoxidables-y-de-alta-aleaci%C3%B3n-con-cromo-o-n%C3%ADquel-exposi>

Tecno-Plast Rosario. (2015). *Grilon poliamida*. Recuperado de <http://tecnoplast-rosario.com.ar/grilon/>

Tecno-Plast Rosario. (2015). *Grilon poliamida* [imagen]. Recuperado de <http://tecnoplast-rosario.com.ar/grilon/>

Torcal S.A. (2009). *Máquina boleadora Torcal modelo T300* [captura de pantalla]. Podcast recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=aP8mt1uHoul>

TESIS:

García, A., Garciñuno, A., Rubio, E., Gala, E. y Fernández, R. (1999). *Seguridad e higiene en panadería y pastelería: Prevención de riesgos laborales en panadería y pastelería* (Tesis de pregrado). Fundación Centro Tecnológico de Cereales de Castilla y León. España.

García, G. (2002). *La ergonomía desde la visión sistémica* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

López, A. (2008). *Complementos teóricos de la tecnología mecánica* (Tesis de pregrado). Recuperado de https://w3.ual.es/~alm212/documentos/Complementos_Tecnologia_Mecanica.pdf

López, A. (2008). *Complementos teóricos de la tecnología mecánica* (Tesis de pregrado) [imagen]. Recuperado de https://w3.ual.es/~alm212/documentos/Complementos_Tecnologia_Mecanica.pdf

Luz, A. (2012). *Biomecánica y partes funcionales de la mano* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Mor, E. (Sin fecha). *Diseño centrado en el usuario* (Tesis de pregrado). Universidad Oberta de Cataluña. España.

Pineda, E., Sánchez, M. y Amariles, D. (2006). *Lenguajes objetuales y posicionamiento* (Tesis de maestría). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia.

Sánchez, M. (2006). *Diseñar desde el pensamiento analógico por modelos* (Tesis doctoral inédita). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia.

XII. Anexos

Anexo 1- Proforma de divisora boleadora



MECANICA DON BOSCO

RUC. 1792058430001

José Rafael Bustamante E6 - 87 y Gonzalo Zaldumbide

Telf. 2405656 Fax. 2417999

Quito - Ecuador

PROFORMA SECCION MECANICA

Cliente: SR. ISAAC DIAZ

Fecha: 24 de abril 2017

Telf.: 2244877 0999987249

isaac_dy@outlook.com

CANTIDAD	DETALLE	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	Mecanizado de piezas para la obtención de BOLEADORA	2200,00	2200,00
	Los elementos serán fabricados según planos y diseños proporcionados.		
	El cliente provee de la materia prima en su totalidad.		
	Los elementos que se requieran serán recubiertos con pintura		
		Subtotal	2200,00
		IVA 14%	264,00
		TOTAL	2464,00

Validez de la Oferta: 8 días laborables

Tiempo de entrega: 15 días laborables

Forma de pago: 50% anticipo y 50% contra entrega

La entrega se la realizará en el Colegio Técnico Salesiano Don Bosco.

Atentamente

Ing. Miguel Ángel Merchán

MECANICA DON BOSCO

Anexo 2- Resultados de entrevistas con los usuarios

tipo de usuario:	USUARIO EXPERTO
cliente:	Luis Yajamín
Ocupación:	Ing. Electrónico de Proba

PREGUNTA/ SUGERENCIA	ENUNCIADO DEL CLIENTE	PROBLEMA DETECTADO
Existe la tecnología necesario en el Ecuador	Si como procesos de corte plasma, oxicorte y mecanizados CNC	Se debe utilizar tecnologías medianamente costosas para buenos acabados.

Cómo se pueden reducir costos	Reduciendo fundiciones o reemplazando materiales por polímeros o inox	Se debe eliminar materiales y procesos costosos en el Ecuador
Problemas de la divisora boleadora importada	Son muy rápidas para la producción mediana y muy altas.	La DB Fernetto no está adaptada a ciertas necesidades de los panaderos del Ecuador en cuanto a tiempos de producción, costos e instalación
	Costosas y pesadas	
	Tiene energía trifásica lo cual no disponen todos y siempre hay que adaptarla	
Punto crítico en la fabricación de la máquina	Mantener el precio bajo y que sea de buena calidad	Los materiales usados tienen que ser baratos y de buena calidad
Mejoras que se pueden realizar	Peso y estabilidad	Se deberá usar materiales livianos y un diseño que no requiera de una estructura para su estabilidad
Forma de trasportación hasta el cliente	En camioneta e improvisando para no dañarla.	No se ha tomado en cuenta la manera de transportar en el diseño de las DB Fernetto.

tipo de usuario:	USUARIO EXTREMO
cliente:	Hernán Merchán Dueño y Panadero jubilado (Panadería Danesa en el Norte)
forma de trabajo:	boleado a mano

PREGUNTA/ SUGERENCIA	ENUNCIADO DEL CLIENTE	PROBLEMA DETECTADO
Años trabajando en panadería	30 años	Debe trabajar todos los días sin descanso durante varios años
Cantidad de pan redondo hecho a diario	1300 panes diarios de lunes a domingo	Debe bolear 2 a 3 horas diarias de acuerdo a su producción baja
Problema de salud en el trabajo	Dolor de muñecas y sensibilidad en las uñas por el desgaste de las mismas	El movimiento continuo de boleado causa malestares a largo plazo
Actividad que ocasionó el síntoma	Arrancar la masa para dividir y bolear la masa a mano	El desgaste en muñecas es producido por problemas ergonómicos en el campo laboral
Efecto de los síntomas en el trabajo	Detenerse por el dolor	Los dolores causados por el boleado detienen la producción.
Actividades que ha hecho para mejorar su estado	Ahora tiene empleado panadero y divisora boleadora	Es totalmente necesario que un equipo o alguien reemplace su trabajo por efectos de salud.
Beneficios de tener divisora boleadora	Ayuda en los esfuerzos físicos en el proceso de boleado y división exacta	En necesaria una DB para reducir esfuerzos físicos y tener exactitud en el proceso

Conoce mercado nacional de divisora boleadora	No	Desconocimiento de otras formas para bolear
Necesidad de divisora boleadora en el negocio	Alta	DB de gran necesidad
Precio dispuesto a pagar por divisora boleadora	3.500\$	Precio tiene que ser accesible
Factores para comprar una máquina nacional	Costo	La divisora boleadora debe ser económica y de buena calidad

tipo de usuario:	USUARIO DIRECTO SIN DIVISORA BOLEADORA
cliente:	Jaime Aguagallo empleado panadero (Panadería La selecta en el Sur)
	Carlos Hernández Dueño y panadero Jubilado (Panadería en Ambato)
	Juan Carlos Aúlla Panadero y Dueño (Panadería en el Norte)
	Hernán Merchán Dueño y Panadero jubilado (Panadería Danesa en el Norte)
forma de trabajo:	boleado a mano

PREGUNTA/ SUGERENCIA	ENUNCIADO DEL CLIENTE	PROBLEMA DETECTADO
Años trabajando en panadería	2 años	Debe trabajar todos los días parado sin descanso durante varios años
	6 años	
	25 años	
Cantidad de pan redondo hecho a diario	1.200 panes diarios de lunes a domingo	Debe bolear 2 a 3 horas diarias de acuerdo a su producción baja
	2.000 panes diarios de lunes a domingo	Debe bolear 3 horas diarias de acuerdo a su producción mediana
	4.000 panes diarios de lunes a domingo	Debe bolear 5 horas diarias de acuerdo a su producción alta
Número de latas de horno	12 latas (240 panes)	La producción se limita al tamaño del horno
	15 latas (300 panes)	
	36 latas (700 panes)	
Tiempo de elaboración por cada carga que entra al horno	40 minutos entre amasar y bolear y 1 hora fermentando para luego entrar 20 minutos al horno	Si se produce tiempo muertos disminuye su producción
Punto más crítico en la elaboración de pan	El boleado ya que el panadero tiene que ser hábil	El boleado requiere de técnica y estar estático durante un largo tiempo
	El boleado ya que es cansado	

Otro método para bolear que conozca	Hay máquinas automáticas y semi-automáticas	Desconocimiento de otras formas para bolear
Lugar donde se bolea	Mesa metálica que es ley en las panaderías	Existen materiales específicos para la panadería
tiempo de boleado	15 a 20 minutos	El boleado toma más tiempo a mano
Problema de salud en el trabajo	Dolor de hombros cuanto se realiza el boleado a mano	El movimiento continuo de boleado causa incomodidad
	Dolor de muñecas	
	Dolor de espalda	
Beneficios de tener divisora boleadora	Rapidez en el proceso de boleado	La divisora boleadora mejora rendimiento y costos de producción
	Ahorro de personal	
	Ahorro de materia prima	
Conoce mercado nacional de divisora boleadora	No	Poca oferta de maquinaria nacional
Necesidad de divisora boleadora en el negocio	Media y Alta	DB de gran necesidad
Precio dispuesto a pagar por divisora boleadora	2.000\$ a 5.00\$	El precio tiene que ser accesible
Factores para comprar una máquina nacional	Garantía	La calidad en el producto debe ser buena
	Económico	

tipo de usuario:	USUARIO DIRECTO CON DIVISORA BOLEADORA
cliente:	Franklin Flores empleado panadero (Panadería Danesa en el Norte)
forma de trabajo:	boleado en máquina

PREGUNTA/ SUGERENCIA	ENUNCIADO DEL CLIENTE	PROBLEMA DETECTADO
Años trabajando en panadería	17 años sin parar	Debe trabajar todos los días parado sin descanso durante varios años
Cantidad de pan redondo hecho a diario	1300 panes diarios de lunes a domingo	Debe bolear de 2 a 3 horas diarias de acuerdo a su producción
Número de latas de horno	1 horno de 15 latas (300 panes)	La producción depende de cuantos panes entran en el horno
Tiempo de elaboración por cada carga que entra al horno	30 minutos entre amasar y bolear y 1 hora fermentando para luego entrar 20 minutos al horno	No debe producirse tiempo muertos para mantener o mejorar producción

Punto más crítico en la elaboración de pan	El boleado ya que se necesita técnica para usar la máquina	Divisora Boleadora importada con dificultades de uso
Otro método para bolear que conozca	No	Desconocimiento de otras formas para bolear
Lugar donde se bolea	Divisora boleadora y mesa	Se necesita de dos espacios
tiempo de boleado	20 minutos	El boleado a mano es medianamente más lento que el proceso con la DB
Problema de salud ocupacional	Dolor de hombros cuanto se realiza el boleado a mano	El movimiento continuo de boleado causa incomodidad
Beneficios de tener divisora boleadora	Rapidez en el proceso de boleado y saca cada bola de igual medida	El boleado a mano genera desproporción en las bolas de masa
Conoce mercado nacional de divisora boleadora	No	Poca oferta de maquinaria nacional
Necesidad de divisora boleadora en el negocio	Media	El usuario no siente conexión con su equipo de trabajo
Precio dispuesto a pagar por divisora boleadora	5.000\$	El dueño siente arrepentimiento de inversión en una DB tan costosa
Factores para comprar una máquina nacional	Garantía	La calidad en el producto debe ser buena

tipo de usuario:	USUARIO INDIRECTO
cliente:	Amparo Yáñez
Ocupación:	Gerente de Proba

PREGUNTA/ SUGERENCIA	ENUNCIADO DEL CLIENTE	PROBLEMA DETECTADO
Por qué aún no se han producido boleadoras en el país	Porque hay baja calidad en la oferta de las máquinas para producción alimenticia	La calidad de maquinarias en Ecuador es mala
Es necesario una producción nacional de DB	Sí, pero hay que demostrar e informar que son necesarias a los panaderos	Se debe demostrar la utilidad de las DB dentro de las panaderías
En qué puede aportar el diseño en la fabricación de una DB	Innovación	El diseño debe aportar en innovación, adaptándose a la realidad del país
	Búsqueda de nuevos materiales	
	Adaptación al percentil Ecuatoriano	

Es más necesario una Divisora o un DB	DB ya que es un trabajo en conjunto	El dividir y bolear debe estar conjuntamente en el diseño
Existe la tecnología necesaria	Si existe la suficiente tecnología para innovar	En Ecuador existe la suficiente tecnología para crear una DB competitiva en el mercado pero hay que investigar
Qué precio sería accesible	\$ 5.000 a 7.000	El precio no tiene que excederse de lo que las panaderías están dispuestas a pagar
Les interesaría a sus clientes una DB nacional	Sí, por la fidelidad que tienen a PROBA	Existe gran mercado para la DB
Factor importante para comercializar la DB	El mercadeo, la calidad y el costo	Se debe diseñar algo de demuestre calidad y estatus a un precio módico
Hay competencia nacional	Sí, pero son de muy mala calidad porque tienen cero diseño	Existe competencia de baja calidad al tratar de ahorrar costos

XIII. Índice de figuras

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: Sistema hombre-máquina manual (McCornick Huchingson)	7
Figura 2: Sistema hombre-máquina semiautomático (McCornick Huchingson).....	7
Figura 3: Matriz FODA.....	13
Figura 4: Equipos Nova. Copyright (s.f) por Nova	14
Figura 5: Equipos Fernetto. Copyright 2013 por Fernetto.....	14
Figura 6: Equipos Mamac. Copyright (s.f) por Mamac.....	15
Figura 7: Proceso de boleo manual.....	16
Figura 8: Divisora Boleadora Fernetto. Copyright 2013 por Fernetto	16
Figura 9: Proceso de funcionamiento de la divisora boleadora Fernetto.....	17
Figura 10: Mecanismos y elementos principales de la DB Fernetto	18
Figura 11: Prensas amovibles. Copyright 2013 por Fernetto	18
Figura 12: Sistema de división accionado por palancas. Copyright 2013 por Fernetto	19
Figura 13: Plato boleador y sistema de canales en espiral. Copyright 2013 por Fernetto	19
Figura 14: Elementos de la divisora boleadora Fernetto con posibles problemas hacia el mercado Ecuatoriano.....	20
Figura 15: Patrón funcional de agarre de fuerza de la mano.....	25

Figura 16: Concavidad palmar encargada de la dimensión de la bola de masa	25
Figura 17: Espacio libre de la mano que permite el desplazamiento de la masa al bolear ...	26
Figura 18: Arco longitudinal de la mano	26
Figura 19: Arco transversal de la mano.....	27
Figura 20: Arco oblicuo de la mano	27
Figura 21: Referencia de dimensiones estructurales del cuerpo. Copyright 2009 por Panero y Zelnik	28
Figura 22: Referencia de dimensiones funcionales del cuerpo. Copyright 2009 por Panero y Zelnik	29
Figura 23: Referencia de dimensiones de la mano. Copyright 2009 por Panero y Zelnik	30
Figura 24: Referencia de movimientos articulatorios de los hombros. Copyright 2009 por Panero y Zelnik.....	30
Figura 25: Referencia de movimiento articulatorio de los codos. Copyright 2009 por Panero y Zelnik.....	31
Figura 26: Referencia de movimientos articulatorios de las muñecas. Copyright 2009 por Panero y Zelnik.....	31
Figura 27: Referencia de movimientos articulatorios de la cabeza. Copyright 2009 por Panero y Zelnik	32
Figura 28: Mesón para panadería. Copyright (s.f) por Luckie muebles inoxidables.....	32
Figura 29: Alcances del panadero en el área de trabajo. Copyright 2009 por Panero y Zelnik	33
Figura 30: Alcance frontal mediante flexión de la columna. Copyright 2009 por Panero y Zelnik	33
Figura 31: Profundidad máxima del cuerpo del panadero. Copyright 2009 por Panero y Zelnik	34
Figura 32: Panadero en el proceso de boleado manual	35
Figura 33: Trabajo estático frente a trabajo dinámico. Copyright 1998 por Luring y Vedder	35
Figura 34: Diagrama Ishikawa de problema de accesibilidad a la divisora boleadora.....	38
Figura 35: Diagrama Ishikawa de problema de adaptación de la divisora boleadora importada	38
Figura 36: Diagrama Ishikawa de problemas de salud debido al proceso de boleado manual	39
Figura 37: Diagrama Ishikawa de problema de productividad por boleado manual.....	39

Figura 38: Deconstrucción de elementos de la máquina para hacer galletas	50
Figura 39: Deconstrucción de la formadora para pan baguette	51
Figura 40: Deconstrucción de la máquina para hacer carnada.....	52
Figura 41: Deconstrucción de la máquina lineal para hacer carnada.....	53
Figura 42: Esquema de la máquina para hacer galletas.....	55
Figura 43: Modelo de análisis de la máquina para hacer galletas	56
Figura 44: Modelo de análisis de la formadora de pan baguette	56
Figura 45: Modelo de análisis de la máquina para fabricación de carnada.....	57
Figura 46: Sistema de uso de la máquina para fabricación de carnada.....	58
Figura 47: Hipótesis de sistema que combina la división por mecanismos de engranes y rodillos de boleo.....	59
Figura 48: Esquema de la máquina lineal para fabricación de carnada.....	59
Figura 49: Modelo de análisis de la máquina para fabricación de carnada.....	60
Figura 50: Sistema de uso de la máquina para fabricación de carnada.....	60
Figura 51: Elementos principales de la divisora boleadora de banda lineal.....	64
Figura 52: Prensa de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2013 por Manufacturas Lenin	64
Figura 53: Extrusor de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2013 por Manufacturas Lenin	65
Figura 54: Brazo y banda de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2015 por Ruelas	65
Figura 55: Sistema de boleo de la divisora boleadora de banda. Copyright 2015 por Ruelas	66
Figura 56: Problema de salida de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2009 por Torcal S.A.....	66
Figura 57: Regulador de dimensiones de la divisora boleadora de banda lineal. Copyright 2015 por Ruelas.....	67
Figura 58: Esquema del primer modelo conceptual	68
Figura 59: Proceso de uso del primer modelo conceptual	69
Figura 60: Segundo modelo conceptual digital.....	69
Figura 61: Tercer modelo conceptual	70
Figura 62: Diagrama del desarrollo del concepto	71
Figura 63: Primer modelo formal.....	72
Figura 64: Canal sin paredes y con paredes que generan una bola adecuada	73

Figura 65: Tipos de bolas que genera el primer modelo formal.....	73
Figura 66: Segundo modelo formal.....	74
Figura 67: Uso del segundo modelo formal.....	74
Figura 68: Uso perpendicular al operario del segundo modelo formal.....	75
Figura 69: Proceso de división de la masa	76
Figura 70: Modelo formal del contenedor y separador, y pesaje de la masa	76
Figura 71: Contenedor y bastidor sin base	77
Figura 72: Prototipo digital	78
Figura 73: Mecanismo de salida de paredes boleadoras.....	79
Figura 74: Superficie móvil (izquierda) y mecanismo accionado por resortes (derecha).....	79
Figura 75: Sentidos de uso del divisor boleador	79
Figura 76: Elementos complementarios del prototipo de alta fidelidad.....	80
Figura 77: Proceso de división y boleado del prototipo de alta fidelidad	81
Figura 78: Prensa divisora	82
Figura 79: Bastidor con marcas de aprendizaje visibles	82
Figura 80: Separador	83
Figura 81: Componentes del sistema de división	83
Figura 82: Boleador	84
Figura 83: Movimientos generadores de boleado	85
Figura 84: Planchas o láminas de acero inoxidable. Copyright (s.f) por Aceros industriales HGB.....	88
Figura 85: Polímero Grilon. Copyright 2015 por Tecno-Plast Rosario.	89
Figura 86: Sistemas de prensas para embutición. Copyright 2008 por López.....	90
Figura 87: Cortadora hidráulica de láminas de acero. Copyright 2013 por Paternina	91
Figura 88: Proceso de doblado de láminas de acero. Copyright 2015 por “Avances tecnológicos”	91
Figura 89: Dobladora hidráulica de láminas de acero. Copyright 2011 por “Doblado de chapa”	92
Figura 90: Corte de lámina de acero por plasma. Copyright (s.f) por Laser Mecafort	92
Figura 91: Soldadura TIG. Copyright (s.f) por “Soldadura manual TIG”	93
Figura 92: Fresadora CNC. Copyright (s.f) por Interempresas	94
Figura 93: Proceso de uso del prototipo de alta fidelidad con el panadero	95
Figura 94: Identificación del método de corte del boleador por parte del panadero	95
Figura 95: Resultados del movimiento lineal ejercido por el panadero	96

Figura 96: Resultados del movimiento circular ejercido por el panadero	96
Figura 97: Finalización exitosa de la elaboración de bolas de masa por el panadero	97
Figura 98: Retirado incorrecto de la prensa divisora desde uno de los extremos del objeto	98
Figura 99: Posiciones incorrectas ejercidas por el panadero debido a la dificultad de corte del boleador	98
Figura 100: Bola de masa con textura inadecuada y bola de masa con textura adecuada ...	99
Figura 101: Posición realizada por el panadero para visualizar la colocación correcta del boleador	99
Figura 102: Manipulación incorrecta del boleador por parte del panadero	100
Figura 103: Eliminación de un rollo de masa por falta de longitud del boleador	100
Figura 104: Anterior dimensión del prototipo (izquierda) y nueva dimensión (derecha) ...	101
Figura 105: Anterior (izquierda) y nuevo mecanismo de accionado de las paredes de boleo con su detalle (derecha)	101
Figura 106: Cambio de material grilon por acero inoxidable de las paredes boleadoras (antes y después)	102
Figura 107: Reducción del ancho de la carcasa (antes y después)	102
Figura 108: Nuevo diseño de agarraderas de boleo	103
Figura 109: Propuesta final de divisora boleadora	103
Figura 110: Somatografía lateral del 5° percentil mujer con el divisor	104
Figura 111: Somatografía lateral del 5° percentil mujer con el boleador	105
Figura 112: Somatografía posterior y superior del 5° percentil mujer con el divisor	105
Figura 113: Somatografía posterior y superior del 5° percentil mujer con el boleador	106
Figura 114: Despiece de divisor boleador	107
Figura 115: Bastidor y despiece de separador	107
Figura 116: Divisor boleador con dimensiones generales de los canales	109
Figura 117: Dimensiones generales del apoyo de presión	110
Figura 118: Dimensiones generales y mecanismo de apoyo generador de paredes	110
Figura 119: Jaladera en isometría y dimensión del volado	111
Figura 120: Ensamble de jaladera	111
Figura 121: Dimensiones generales del bastidor	112
Figura 122: Mecanismo de compresión de masa justificativo de la altura del bastidor	112
Figura 123: Detalle de los volados superiores del bastidor	113
Figura 124: Isometría del separador	113

Figura 125: Dimensiones generales del separador de masa.....	114
Figura 126: Detalle de la señal informativa del separador de masa.....	114
Figura 127: Isometría e inclinación de uso del soporte de agarre del separador.....	115
Figura 128: Detalles del listón de boleó.....	116
Figura 129: Detalles e isometría de la estructura de paredes de boleó.....	116
Figura 130: Mecanismo de sujeción y liberación de la estructura de paredes de boleó.....	117
Figura 131: Sistema de auto limpieza de las paredes de boleó.....	117
Figura 132: Forma de T invertida de las paredes de la estructura de paredes de boleó.....	118
Figura 133: Forma de colocación de la estructura de paredes de boleó para el ensamblado	118
Figura 134: Disposición y colocación de los cuerpos cóncavos generadores de bolas en la estructura principal.....	118
Figura 135: Vista en perspectiva de la estructura principal.....	119
Figura 136: Alturas del resorte en estado neutro y en compresión.....	119
Figura 137: Disposición de las agarraderas de boleó en el divisor boleador, y varias simetrías	120
Figura 138: Dimensiones generales y posición adecuada de la mano en las agarraderas de boleó.....	120
Figura 139: Ángulos de flexión dorsal y radial de las manos en agarraderas a 90° y 78°	121
Figura 140: Dimensiones generales de la carcasa.....	121
Figura 141: Dimensiones de la cara lateral del ancho del bastidor para corte en lámina de acero inoxidable.....	122
Figura 142: Dimensiones de la cara lateral del ancho del bastidor para corte en lámina de acero inoxidable.....	122
Figura 143: Soldado de pieza larga con una ancha.....	123
Figura 144: Cortes de las piezas para “bastidor” en una lámina de acero inoxidable.....	123
Figura 145: Dimensiones del separador de masa para corte en lámina de acero inoxidable	124
Figura 146: Cortes de las piezas “separador de masa” en una lámina de acero inoxidable	124
Figura 147: Dimensiones de la estructura base para corte en lámina de acero inoxidable	124
Figura 148: Dimensiones de las paredes para corte en lámina de acero inoxidable.....	125
Figura 149: Cortes de las piezas para la “estructura de paredes de boleó” en una lámina de acero inoxidable.....	125

Figura 150: Dimensiones de la estructura principal para corte en lámina de acero inoxidable	126
Figura 151: Cortes de las piezas “estructura principal” en una lámina de acero inoxidable	126
Figura 152: Dimensiones de la carcasa para corte en lámina de acero inoxidable	126
Figura 153: Cortes de las piezas “carcasa” en una lámina de acero inoxidable	127
Figura 154: Dimensiones y desbaste del apoyo de presión para corte en plancha de grilon	128
Figura 155: Cortes de las piezas “apoyos de presión” en una plancha de grilon	128
Figura 156: Dimensiones y desbaste del apoyo generador de paredes para corte en plancha de grilon	128
Figura 157: Cortes de las piezas “apoyos generadores de paredes” en una plancha de grilon	129
Figura 158: Dimensiones y desbaste de la jaladera para corte en plancha de grilon.....	129
Figura 159: Cortes de las piezas “jaladeras” en una plancha de grilon	130
Figura 160: Dimensiones y desbaste del soporte de agarre del separador para corte en plancha de grilon.....	130
Figura 161: Cortes de las piezas “soporte de agarre del separador” en una plancha de grilon	131
Figura 162: Dimensiones y desbaste del cuerpo cóncavo generador de bolas para corte en plancha de grilon.....	131
Figura 163: Cortes de las piezas “cuerpos cóncavos generadores de bolas” en una plancha de grilon	132
Figura 164: Dimensiones y desbaste de la agarradera de boleó para corte en plancha de grilon	132
Figura 165: Cortes de las piezas “agarraderas de boleó” en una plancha de grilon.....	133
Figura 166: Tabulación de los resultados de satisfacción de los requerimientos del comitente	135
Figura 167: Tabulación de los resultados de satisfacción de los requerimientos de los panaderos.....	137
Figura 168: Tabulación de los resultados de satisfacción de los requerimientos de las panaderías.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas de indagación.....	21
Tabla 2: Dimensiones estructurales del cuerpo	28
Tabla 3: Dimensiones funcionales del cuerpo.....	29
Tabla 4: Dimensiones de la mano	29
Tabla 5: Cuadro de requerimientos de los usuarios	40
Tabla 6: Cuadro de requerimientos principales.....	41
Tabla 7: Especificaciones del diseño del producto.....	44
Tabla 8: Benchmarking de las analogías del proceso de división	46
Tabla 9: Benchmarking de las analogías del proceso de boleado.....	48
Tabla 10: Interpretación de los conceptos de las analogías de división	53
Tabla 11: Interpretación de los conceptos de las analogías de boleado	54
Tabla 12: Bechmarking de las tipologías.....	62
Tabla 13: Lista de partes	108
Tabla 14: Matriz de calificaciones y ponderaciones.....	133
Tabla 15: Matriz de ponderación de los requerimietos del comitente	134
Tabla 16: Matriz de ponderación de los requerimietos de los panaderos	135
Tabla 17: Matriz de ponderación de los requerimietos de las panaderías.....	137
Tabla 18: Costo total de materia prima	139
Tabla 19: Costo total de mano de obra.....	140
Tabla 20: Costo primo total.....	140
Tabla 21: Costo total de tiempo del diseñador.....	141
Tabla 22: Costo total de los modelos y prototipos	141
Tabla 23: Costo total del diseño.....	142