

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA RALLADORA DE QUESO
PARA RESTAURANTES Y EMPRESAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS**

**FERNANDO HERRERA CAMPOS
EDGAR ARTURO VELANDIA CÁCERES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2019

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA RALLADORA DE QUESO
PARA RESTAURANTES Y EMPRESAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS**

**FERNANDO HERRERA CAMPOS
EDGAR ARTURO VELANDIA CÁCERES**

**Trabajo de grado para optar el título de
INGENIERO MECÁNICO**

**DIRECTOR
RICARDO ALFONSO JAIMES ROLON
Ingeniero Mecánico**

**CODIRECTOR
OSCAR RODOLFO BOHORQUEZ BECERRA
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2019

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. MARCO TEORICO.	17
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2.2. JUSTIFICACIÓN	20
2.3. PANORAMA MUNDIAL DE LA COMPETITIVIDAD	21
2.4. INNOVACION COMO ESTRATEGIA COMPETITIVA	23
2.5. TIPOS DE MAQUINAS RALLADORAS DE QUESO	25
2.5.1 SISTEMA DE RALLADO MANUAL.....	25
2.5.2 SISTEMA DE RALLADO SEMI-AUTOMÁTICO.....	26
2.6. MAQUINAS EXISTENTES EN EL MERCADO COLOMBIANO	27
2.6.1. COSTOS DE IMPORTACIÓN DE LA MÁQUINA	27
2.7. FUERZAS PRESENTES EN EL RALLADO DE QUESO	29
2.7.1. ECUACIÓN DE MERCHANT	30
3. DISEÑO CONCEPTUAL.....	32
3.1. REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR	32
3.1.1. REQUERIMIENTOS DEL DISEÑADOR	32
3.1.2. MATRIZ CALIDAD.....	33
3.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	35
3.2.1. ALTERNATIVA 1	35
3.2.2. ALTERNATIVA 2	36
3.2.3. ALTERNATIVA 3	37
2.2.4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	37
3.2.5. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA GANADORA	39
3.3 CUADRO MORFOLÓGICO.....	39
3.4. MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE ALIMENTOS	40
3.5 PROPIEDADES DEL QUESO A RALLAR.....	41

3.5.1 QUESO MOZARELA	41
3.5.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL QUESO MOZZARELLA	41
3.5.3 PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL QUESO MOZZARELLA.....	43
3.6 DISEÑO CAD SUBSISTEMA DE RALLADO	45
3.7 DISEÑO CAD SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL QUESO	46
3.8 DISEÑO CAD DEL SUBSISTEMA DE BASTIDOR.....	47
3.9 DISEÑO CAD MAQUINA RALLADORA DE QUESO.....	47
4. DISEÑO DE DETALLE.	49
4.1. EXPERIMENTO DE LA FUERZA DE FRICCIÓN	49
4.2 VELOCIDAD DE CORTE	53
4.3 FUERZA DE EMPUJE.....	57
4.4 FUERZA DE CORTE.....	58
4.5 CALCULO DEL TORQUE EJERCIDO EN EL PROCESO	63
4.6 CÁLCULO DE LA POTENCIA	65
4.7 SELECCIÓN DE MOTOR.....	66
4.8 TRANSMISIÓN DE POTENCIA	67
4.9 CÁLCULO DEL EJE.....	74
4.10 SELECCIÓN DE COJINETES.....	83
5.FABRICACIÓN DE LA MAQUINA	89
5.1. RESEÑA DE LA MAQUINA RALLADORA DE QUESO	89
5.1.1. PARTES Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.	95
5.1.2. EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN.	97
6. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	99
6.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	100
7. MANUAL DE USUARIO	103
8. ANALISIS DE COSTOS	104
9. CONCLUSIONES.....	107
10. RECOMENDACIONES.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	110

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.TOP DIEZ: COMIDAS MÁS SOLICITADAS POR LOS COLOMBIANOS	17
FIGURA 2.INDICADORES DE COMPETITIVIDAD MUNDIAL	22
FIGURA 3.REPORTE GLOBAL DE COMPETITIVIDAD	23
FIGURA 4.MAQUINA RALLADORA DE QUESO MANUAL	26
FIGURA 5.RALLADOR DE QUESO RDA-22.....	26
FIGURA 6.CORTE ORTOGONAL.....	30
FIGURA 7.FUERZAS INVOLUCRADAS EN LA ECUACIÓN DE MERCHÁN	31
FIGURA 8.ALTERNATIVA 1.....	35
FIGURA 9.ALTERNATIVA 2.....	36
FIGURA 10.ALTERNATIVA 3.....	37
FIGURA 11.CUADRO MORFOLÓGICO MAQUINA RALLADORA.....	40
FIGURA 12.RALLABILIDAD QUESO MOZARELA A TEMPERATURAS DE 4,12,20 GRADOS CENTÍGRADOS.....	43
FIGURA 13.SUBSISTEMA DE RALLADO.....	45
FIGURA 14.SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL QUESO.....	46
FIGURA 15.SUBSISTEMA DE BASTIDOR.....	47
FIGURA 16.VISTA ISOMÉTRICA 1.....	48
FIGURA 17.VISTA ISOMÉTRICA 2.....	48
FIGURA 18.MAQUINA RALLADORA DE QUESO	49
FIGURA 19.PESAJE DEL QUESO MOZZARELLA UTILIZADO	50
FIGURA 20.PESAJE DEL ARROZ UTILIZADO.....	51
FIGURA 21.EXPERIMENTO REALIZADO	51
FIGURA 22.DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE.....	52
FIGURA 23.RALLADOR DE QUESO MANUAL	54
FIGURA 24.QUESO MOZZARELLA.....	54
FIGURA 25.BALANZA PARA PRUEBA.....	55
FIGURA 26.ESQUEMA DEL RALLADOR.....	55
FIGURA 27.RESULTADO DEL EXPERIMENTO.....	56
FIGURA 28.MODELO DE CORTE ORTOGONAL.....	59
FIGURA 29.CORTE ORTOGONAL PARA EL PROCESO DE RALLADO DE QUESO	60
FIGURA 30.BOSQUEJO PARA EL CÁLCULO DEL ÁNGULO ALPHA.....	60
FIGURA 31.TRIANGULO RECTÁNGULO.....	61
FIGURA 32.TORQUE EN LA CUCHILLA	63
FIGURA 33.CATALOGO DE MOTORES ELÉCTRICOS.....	67
FIGURA 34.ESQUEMA CINEMÁTICO DE LA TRANSMISIÓN	68

FIGURA 35.FACTOR DE POTENCIA	69
FIGURA 36.SELECCIÓN TIPO DE CORREA	70
FIGURA 37.VALORES DE J SEGÚN EL TIPO DE CORREA	71
FIGURA 38.TIPO DE CORREA.....	74
FIGURA 39.GEOMETRÍA DEL EJE.	75
FIGURA 40. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL EJE.	75
FIGURA 41.DCL DEL EJE PLANO Y-Z.....	76
FIGURA 42.DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE.	77
FIGURA 43.DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR.....	78
FIGURA 44.DCL DEL EJE EN EL PLANO X-Z.....	78
FIGURA 45.DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE EN EL PLANO X-Z	80
FIGURA 46.DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR EN EL PLANO X-Z.....	80
FIGURA 47.DIAGRAMA DE FUERZA AXIAL.....	81
FIGURA 48.DIAGRAMA DE TORQUE.....	81
FIGURA 49.TIPOS DE RODAMIENTO	84
FIGURA 50.SELECCIÓN DEL FABRICANTE SKF.....	85
FIGURA 51.FACTORES DE CÁLCULO PARA LOS RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS	86
FIGURA 52.SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	89
FIGURA 53.CUCHILLA RALLADORA	90
FIGURA 54. CUBIERTA	90
FIGURA 55.CONTENEDOR RECOLECTOR	91
FIGURA 56.TRSMISIÓN DE POTENCIA Y FUENTE DE ENERGÍA.....	92
FIGURA 57.TABLERO DE MANDO	93
FIGURA 58.BASTIDOR DE LA MAQUINA	93
FIGURA 59.SUB BASTIDOR DE MOTOR	94
FIGURA 60.SUB BASTIDOR DEL EJE	94
FIGURA 61.RESULTADO FINAL DE LA MÁQUINA.	95
FIGURA 62.CONEXIÓN ELÉCTRICA	96
FIGURA 63.DOBLADORA DE MAQUINA	97
FIGURA 64.EQUIPO DE SOLDADURA TIG	98
FIGURA 65.TALADRO DE ÁRBOL	98
FIGURA 66.TORNO	99
FIGURA 67.VIRUTA DE QUESO OBTENIDO A DIFERENTES VELOCIDADES	101

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.COSTO DE TRANSPORTE PARA IMPORTACIONES.....	28
TABLA 2.COSTOS DE MANEJO ADUANAL POR PAQUETE.....	29
TABLA 3.MATRIZ CALIDAD.....	34
TABLA 4.RESULTADOS DEL QFD.....	34
TABLA 5.MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	38
TABLA 6.RESULTADOS DE LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.	38
TABLA 7.TABLA EXPLICATIVA DE LA FIGURA 13	45
TABLA 8.TABLA EXPLICATIVA FIGURA 14.....	46
TABLA 9.TABLA EXPLICATIVA DE LA FIGURA 15	47
TABLA 10.TABLA EXPLICATIVA DE LA FIGURA 18	49
TABLA 11.CÁLCULO DEL RADIO MEDIO.....	64
TABLA 12.COMPONENTES DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA.	96
TABLA 13.PRUEBA A 250 RPM.....	100
TABLA 14.PRUEBA A 350 RPM.....	100
TABLA 15.PRUEBA A 400 RPM.....	100
TABLA 16.PRODUCCIÓN PROMEDIO A DIFERENTES VELOCIDADES.	100
TABLA 17.COSTOS TANGIBLES	105
TABLA 18.COSTOS INTANGIBLES.....	105
TABLA 19.COSTOS TOTALES DEL PROYECTO	105

ANEXOS¹

ANEXO A. PLANOS

ANEXO B. CATÁLOGO DEL MOTOR

ANEXO C. TRASMISIÓN DE POTENCIA

ANEXO D. CALCULO DEL EJE

ANEXO E. CATÁLOGO DE RODAMIENTOS

ANEXO F. MANUAL DE USO E INSTRUCCIONES

¹ Ver anexos adjuntos en el CD y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA RALLADORA DE QUESO PARA RESTAURANTES Y EMPRESAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS*

AUTORES: FERNANDO HERRERA CAMPOS
EDGAR ARTURO VELANDIA CACERES**

PALABRAS CLAVE: RALLADOR, SECTOR ALIMENTARIO, DISEÑO Y CONSTRUCCION.

DESCRIPCIÓN:

El mundo moderno se caracteriza por el aumento de la población y así mismo por las variaciones en las preferencias de la humanidad, esto se ve reflejado en el aumento de la demanda de alimentos, siendo la industria alimentaria catalogada como una fuente generadora de ingresos que permite el crecimiento económico del país, por lo tanto, la actual monografía busca tecnificar las industrias para que estas logren obtener ventajas competitivas, con un servicio diferenciado.

Es por tal razón que se diseña una maquina ralladora de queso que ayude a las empresas a optimizar los tiempos de producción de los alimentos, dicha maquina consta de 3 subconjuntos importantes, el subconjunto de rallado, el subconjunto de energía, el subconjunto de recolección, En el sistema de rallado se cuenta con una cuchilla de acero inoxidable con el fin de permitir el pleno contacto con el queso sin generar ninguna afección al alimento, dicha cuchilla se encuentra impulsada por el sub sistema de alimentación el cual lo conforma un motor eléctrico de 0.33 HP el cual es lo suficientemente necesario para generar una rata de producción de 20 kg/hora, por último se cuenta con un sistema de recolección el cual está conformado por una tolva de salida de queso que recae sobre un contenedor de acero inoxidable que se encuentra avalado por (INVIMA), en su resolucioin 4142 del 2012

Como resultado se obtiene la construcción de la maquina ralladora de queso teniendo en cuenta el diseño anteriormente mencionado, con una capacidad de producción de 20 kg/h.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Director: Ricardo Alfonso Jaimes Rolon, ingeniero mecánico.

SUMMARY

TITLE: DESIGNING AND CONSTRUCTION OF A CHEESE GRINDING MACHINE FOR FOOD PROCESSING RESTAURANTS AND COMPANIES *

AUTHORS: FERNANDO HERRERA CAMPOS

EDGAR ARTURO VELANDIA CACERES **

KEY WORDS: GRINDER, FOOD SECTOR, DESIGN AND CONSTRUCTION.

DESCRIPTION:

The modern world is characterized by the increase in population and also by the variations in the characteristics of humanity, this is reflected in the increase in the demand for food, is the food industry listed as a source of income that allows the country's economic growth, therefore, the current monograph seeks to technify industries so that they can obtain competitive advantages, with a differentiated service.

For this reason, cheese grating machine is designed that helps companies to the times of food production, this machine is made up of 3 important subsets, the subset of grated, the subset of energy, the subset the collection. In the grating system there is a stainless steel blade in order to allow full contact with the cheese without generating any food damage, this blade is driven by the sub feeding system which is formed by a 0.33 electric motor HP which is necessary enough to generate a production rate of 20 kg / hour, finally there is a collection system which is made up of a cheese hopper which falls on a stainless steel container that is It is endorsed by the General Regulation for materials, objects and metal equipment intended for contact with food.

As a result, the construction of the cheese grating machine is obtained taking into account the above-mentioned design, with a production capacity of 20 kg / h.

*Degree work

** Faculty of physical-mechanical engineering. School of mechanical engineering. Director: Ricardo Alfonso Jaimes Rolón, mechanical engineer.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, gracias a la industrialización, el comportamiento alimenticio del mundo ha generado una dinámica cambiante, siendo el crecimiento de la demanda en términos de consumo de alimentos su principal característica, en este orden de ideas, se da paso a la inclusión de diversas ofertas por parte de las industrias, dispuestas a satisfacer las necesidades de la población.

En Colombia uno de los sectores más influyentes es la industria alimentaria, por ser este el encargado de satisfacer una necesidad vital para los seres humanos. Por lo tanto, dicha industria es catalogada una fuente de ingresos económicos, que trae consigo beneficios que mejoran el crecimiento del país. Así mismo, es trascendental traer a colación el aporte que le proporciona al empleo, tal como lo argumenta la revista dinero “siendo el sector de food service generador de más de un millón de empleos”².

La nueva cultura del consumo tiene como principal fuente la comida rápida, donde las pizzas y la comida italiana ocupan un porcentaje considerable en las preferencias de consumo en los colombianos, de acuerdo con esto, una de las materias primas para la realización de las comidas anteriormente nombradas es el queso, siendo este rallado de manera manual para completar la preparación de las comidas rápidas.

Se evidencia que en Colombia las industrias alimentarias están atrasadas y poco tecnificadas, por tal razón se plantea la presente monografía; el diseño y

² REVISTA DINERO, 2018.El negocio de la comida se reinventa en Colombia tras un mal 2017” [en línea]. Sección consumo. (Recuperado el 10 de diciembre de 2018). Disponible en: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/como-van-los-restaurantes-en-colombia-2018/255322>.

la construcción de una maquina ralladora de queso para restaurantes y empresas procesadoras de alimentos, que tiene por propósito la implementación de la máquina como método para competir en el mercado, incursionando de manera competitiva y con un servicio diferenciado, basado en un menor tiempo de espera para el cliente una menor manipulación directa de operadores humanos, un material disponible de forma rápida y homogénea. Adicionalmente, permite evitar a largo plazo complicaciones de salud debido a los movimientos repetitivos y de carga que se ejecutan a la hora de rallar de manera manual la materia prima.

1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Participar activamente del cumplimiento de la misión institucional de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander brindando solución a una necesidad de la industria, con el diseño y construcción de una máquina ralladora de queso de bajo costo para restaurantes y empresas procesadoras de alimentos.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un prototipo que cumpla los siguientes requerimientos:
 - Capacidad de procesamiento de 20 kg/h.
 - Peso aprox. de 30 kg.
 - Alimentación de energía mediante un motor eléctrico de aproximadamente 1 HP.
- Elaborar prototipo básico que cuente con los siguientes subsistemas:
 - Alimentación.
 - Rallado.
 - Recolección.
- Hacer plan de pruebas para evaluar la funcionalidad y viabilidad de la máquina.
- Fabricar prototipo funcional en materiales con cumplimiento de la norma (INVIMA).
- Realizar un manual básico de operación.

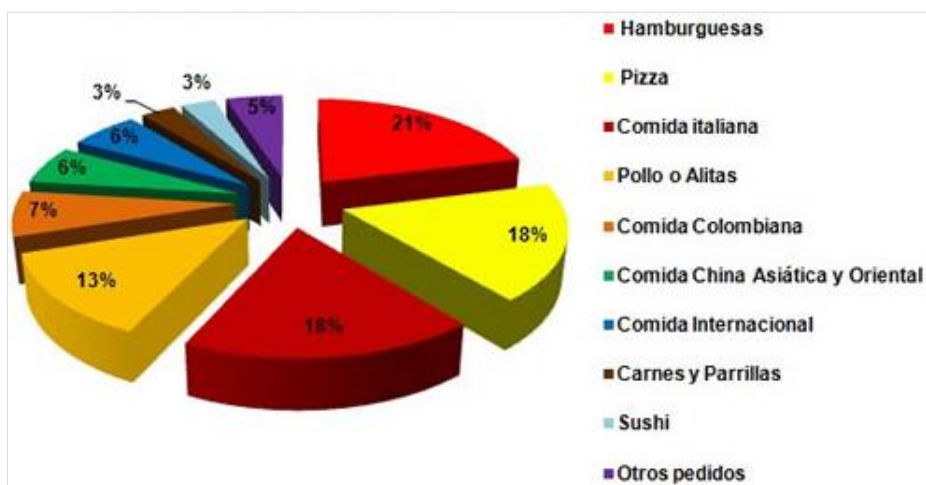
2. MARCO TEORICO.

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la industria alimentaria tiene una mayor demanda en cuanto a sus productos, debido a factores, tales como: el crecimiento poblacional, la cultura de consumo, la implementación de productos semielaborados; entre otros, creando la necesidad de ampliar la oferta de alimentos con el fin de cubrir las necesidades de los consumidores.

El aumento en la demanda del comercio alimenticio se ve reflejado principalmente en el consumo de comidas rápidas, como se puede evidenciar en la (figura 1) en el ranking de "Hellofood"³ cuyo fin fue identificar cual es la comida más solicitada por los colombianos. De acuerdo a esto se concluye que, en primer lugar, se encuentra la hamburguesa, seguida de la pizza y así mismo la comida italiana, siendo el queso una de las materias primas en estos alimentos.

Figura 1. Top diez: Comidas más solicitadas por los colombianos



³ COLOMBIA.COM, top 10 de hellofood [en línea] sección tecnología, (Consultado: 13/03/2018). Disponible en: <http://www.colombia.com/tecnologia/informatica/sdi/88598/top-10-de-hellofood>.

Fuente: COLOMBIA.COM, top 10 de hellofood [en línea] sección tecnología, (Recuperado el 13 de mayo de 2018). Disponible en:<http://www.colombia.com/tecnologia/informatica/sdi/88598/top-10-de-hellofood>

A pesar que la industria alimenticia es de gran importancia para el país, esta presenta falencias en términos de tecnificación y necesidades en el término de industrialización, debido a que los restaurantes no tienen maquinas o elementos que les permitan agilizar los procesos de producción, considerando solo el trabajo manual para la consolidación de sus productos. Adicionalmente es importante mencionar que el hecho de introducir maquinaria en la producción les permite ser más competitivos en el mercado y así mismo aumentar sus ingresos.

Por otro lado, La forma actual del proceso de rallado puede traer como consecuencia a mediano plazo el desarrollo de diversas dolencias, debido a los movimientos periódicos en el hombro, codo, muñeca y mano, estos padecimientos pueden convertirse en enfermedades como: la epicondilitis, el túnel carpiano, y el síndrome del manguito rotador, entre otras, por tanto, es necesario la incorporación de una solución que evite las complicaciones de salud de los empleados.

Es por esta razón que este proyecto se enfocó en crear una alternativa que les permita a los restaurantes tecnificarse y evitar problemas de salud; por medio de un maquina ralladora de queso, con el fin de consolidar un servicio diferenciado que les dé la oportunidad de competir en el mercado, optimizando el tiempo en la preparación de los productos.

Por último, se logró comprobar que existe potencial para la venta de dicha maquina a un bajo costo, puesto que es una opción altamente atractiva, principalmente para los restaurantes que elaboran comidas rápidas, ya que este tipo de comida; como se pudo observar en la (*Figura 1*) es altamente demandada por los colombianos.

Así mismo se verificó que en el mercado nacional no existe una empresa que fabrique una maquina ralladora de queso industrial, por lo tanto, de ser necesaria debe ser importada ,esta situación trae consigo sobrecostos en el precio final del

producto, debido a que se deben asumir costos de; flete, aranceles y demás procesos para la importación del producto, adicionalmente a futuro la maquina va a solicitar reparaciones o ajustes, trayendo consigo barreras en cuanto a personal calificado, además de la dificultad para la adquisición de repuestos. Dadas todas las problemáticas mencionadas anteriormente, la venta de la maquina ralladora de queso en Colombia tendría salida en un mercado que necesita tecnificarse a un bajo costo.

2.2. JUSTIFICACIÓN

La demanda mundial de alimentos ha tenido cambios significativos con el pasar del tiempo, logrando activar las industrias en términos de avances tecnológicos, y así mismo obligándolas a que se introduzcan en los mercados globales, con el fin de que dichas empresas sobrevivan. En el caso del sector alimenticio existen infinitos puntos de competencia y solo los que decidan modificar su forma de producción logran sobresalir en un mercado altamente competitivo.

Para la industria colombiana el sector alimenticio, cobra importancia en la generación de empleo para los habitantes del país. Además, cabe destacar que, bajo las preferencias del mercado, la comida rápida ocupa un alto grado de importancia, puesto que “Los productos semielaborados se encuentran revolucionando la manera convencional de cocinar en los restaurantes, debido a que dichas cocinas se están convirtiendo en sitios de acople donde solamente se encargan de ensamblar una serie de alimentos”⁴

A pesar de que a través del tiempo se ha cambiado la manera en la que se producen los alimentos y el gremio de restaurantes ha incorporado los productos semielaborados para brindar un servicio diferenciado, en el que la rapidez del servicio juega un papel fundamental, estos modelos de negocio aún se encuentran atrasados en productos tecnificados, puesto que en mayores proporciones las producciones de las comidas se hacen netamente con mano de obra y no con maquinarias que reduzca los tiempos de producción.

A manera general se puede concluir que las industrias de alimentos, haciendo referencia en mayor proporción a los restaurantes ensambladores de comida rápida, no están innovando en la generación de procesos e inclusión de máquinas como mecanismo de estrategia para la obtención de ventajas competitivas. La teoría que

⁴ AINIA, calidad y seguridad alimentaria. Artículo sobre los productos semielaborados revolucionan la restauración [en línea]. (Consultado el 13 de marzo de 2019). Disponible en: <https://www.ainia.es/noticias/seguridad-alimentaria/los-productos-semielaborados-revolucionan-la-restauracion/>.

gira en torno al crecimiento empresarial argumenta una relación evidente entre la innovación de las empresas y el aumento de la competitividad de estas.

Es por lo que, el motivo de esta investigación es diseñar una máquina ralladora de queso a un precio asequible para las empresas, permitiéndoles así innovar y obtener beneficios, tales como: optimizar el tiempo de producción, reducir el tiempo de espera de los clientes, superar las dificultades para competir en el mercado global, operar con mayor eficiencia, disminuir la intensidad de trabajo para sus empleados, higiene y manipulación de los productos, entre otros.

Así como diseñar la máquina ralladora realizando una investigación que nos permita identificar una necesidad para posteriormente realizar un diseño conceptual que nos permita tener unas bases fuertes para saber de qué manera se desea construir la máquina ralladora.

2.3. PANORAMA MUNDIAL DE LA COMPETITIVIDAD

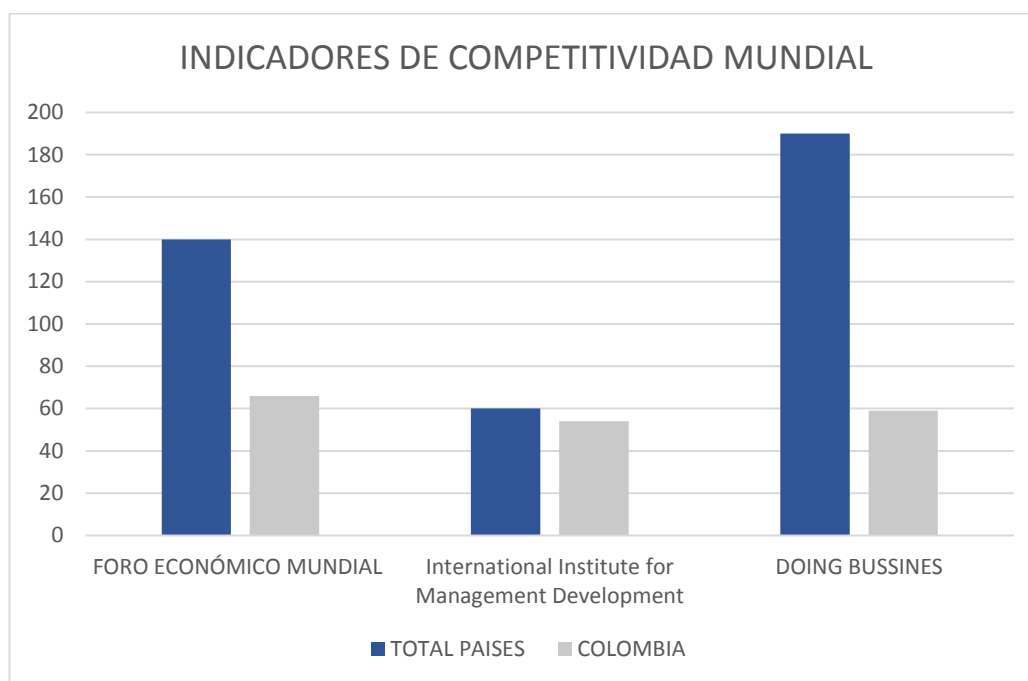
Es necesario hacer hincapié en que la competitividad de un país es trascendental para la economía de este, puesto que, les permite introducirse en mercados globalizados y a su vez idear encadenamientos productivos, que vayan en pro de que Colombia mejore su economía y logre catalogarse como potencia mundial, en este sentido, se busca inspeccionar el panorama colombiano frente a estudios prestigiosos de competitividad mundial.

Según indicadores de competitividad mundial⁵ traen a colación el desempeño de Colombia frente a otros países. En primer lugar, el foro económico mundial evalúa 140 países; donde Colombia ocupa el puesto 66. Desde otra perspectiva el estudio realizado por el IMD (*International Institute for Management Development*), en el cual le realizaron a Colombia un seguimiento de su comportamiento en un lapso de tiempo entre los años (2000-2017) ubicándose en el puesto 55, donde se estudiaron

⁵ IMD, Doing Business, FEM. Citado por el informe de balance 2017 y perspectivas 2018[en línea], realizado por la Andi.(Recuperado el 18 de abril de 2019).disponible en: <http://www.andi.com.co/Uploads/ANDIBalance2017Perspectivas%202018.pdf>

un total de 60 países y por último se tiene en cuenta el estudio de *Doing Bussines* encontrándose a Colombia en el puesto 59 de 160.

Figura 2. Indicadores de competitividad mundial



Fuente: Elaboración propia a partir de informe de balance 2017 y perspectivas 2018, realizado por la Andi.

De acuerdo a la (Figura 2) se logra concluir que Colombia a pesar de los esfuerzos por aumentar su competitividad a nivel mundial, aún está rezagada frente a otros países que, si han logrado superar las barreras, entre estos, Corea y China.

Posteriormente, se identifica cuáles son las razones por las que se ha disminuido la competitividad en Colombia, explicándose por medio de un retroceso en los pilares básicos, entre los cuales se encuentran factores de innovación y sofisticación. En la (Figura 3) según los indicadores de competitividad del foro económico mundial, en el reporte global de competitividad realizan un seguimiento donde la innovación desde el año (2016-2017) al (2017-2018) tuvo un resultado negativo de 6 puntos.

De esta manera se argumenta que la competitividad de un país en gran proporción está ligada a los niveles de innovación del mismo.

Figura 3. Reporte global de competitividad

COLOMBIA: INDICADORES DE COMPETITIVIDAD FEM			
Reporte Global de Competitividad			
INDICADOR	Reporte 2016-2017	Reporte 2017-2018	Cambio
Número de Países	138 países	137 países	-1
Indicador General	61	66	-5
Requisitos Básicos	85	90	-5
Instituciones	112	117	-5
Infraestructura	84	87	-3
Entorno macroeconómico	53	62	-9
Salud y Educación primaria	90	88	2
Potenciadores de Eficiencia	48	54	-6
Educación superior y Capacitación	70	66	4
Eficiencia del mercado de bienes	100	102	-2
Eficiencia del mercado laboral	81	88	-7
Desarrollo del mercado financiero	25	27	-2
Preparación tecnológica	64	65	-1
Tamaño del mercado	35	37	-2
Factores de Innovación y sofisticación	63	64	-1
Sofisticación de los negocios	59	64	-5
Innovación	79	73	6

Fuente: Foro económico mundial. Indicadores de competitividad FEM.

2.4. INNOVACION COMO ESTRATEGIA COMPETITIVA

Este segmento pretende profundizar sobre la importancia y las ventajas que se le atribuyen a la innovación como fuente de crecimiento, capacidad para competir en el mercado y productividad empresarial. Es de importancia, tener claridad en el concepto de empresa innovadora, tal como lo menciona el Instituto Nacional de

Estadística (INE), citado por CEIM⁶ [...] considerando una empresa innovadora como aquella que haya realizado al menos alguna de las siguientes actividades:

- Adquisición y modificación de máquinas y herramientas de producción, procedimientos de producción y control de calidad, métodos y normas indispensables para la fabricación de un nuevo producto o proceso.
- Adquisición de tecnologías materiales (maquinaria y bienes de equipo con contenido tecnológico relacionados con las innovaciones de productos o procesos introducidos por la empresa).

La innovación actualmente es vista como una variable fundamental para el crecimiento económico de las empresas y los países. Además, debido a la importancia de la globalización, las empresas, independientemente de su tamaño, deben enfrentarse a un mercado competitivo, de modo que sobreviven solo aquellas que tengan las capacidades para responder a los constantes cambios del mundo. Por lo que se le otorga a la innovación un valor agregado que lleva a las empresas a sumarse a los mercados globalizados.

De esta manera, se trae a colación a Schumpeter, quien tiene en cuenta la “destrucción creativa”⁷ considerándola como un proceso esencial que destruye antiguos productos y tecnologías e introduce nuevas, de esta manera se acelera la productividad y así mismo, la competitividad en el mercado, obligando a las empresas a estar en constante innovación, con el fin de ser cada vez más atractivos para sus clientes.

En este sentido, todas las empresas tienen como objetivo ser competitivas en los mercados nacionales y a su vez introducirse en mercados globalizados, puesto que

⁶ CEIM (Confederación empresarial de Madrid). La innovación: un factor clave para la competitividad de las empresas (2000). Departamento de innovación y nuevas tecnologías. Dirección general de investigación consejería de educación. Madrid.

⁷ SCHUMPETER, Joseph A. (1946): Capitalismo, socialismo y democracia. Buenos Aires: Editorial Claridad.

esto aumenta su riqueza. De esta manera, las empresas se ven obligadas a introducir en su actuar la innovación como fin, debido a los beneficios que les otorga en términos económicos.

Consecuentemente una de las formas en que las empresas introducen la innovación es por medio de avances tecnológicos, puesto que, dichas tecnologías se han convertido en una herramienta estratégica en las industrias. Skinner citado por Fernández y Peña ⁸, señala que la innovación en equipos de operaciones y tecnologías de proceso puede utilizarse como un arma competitiva importante. Por ende, las innovaciones de procesos conllevan a nuevas formas de producción, todo esto a partir de la implementación de nuevas tecnologías de fabricación o modificaciones a las que ya poseían, lo que sin duda aporta a las empresas en el cumplimiento del objetivo de poseer economías a gran escala, además de beneficios en términos de en reducción de costos y precios.

2.5. TIPOS DE MAQUINAS RALLADORAS DE QUESO

Una maquina ralladora de queso es un artefacto diseñado para reducir el tamaño original de la materia prima, convirtiéndolo así en pequeñas partículas, las cuales varían en su tamaño y proporción dependiendo del uso que se le vaya a dar.

Actualmente en el mercado existen dos tipos de máquinas ralladoras de queso, las cuales se clasifican de acuerdo con la manera en que se realiza el proceso, tal como se evidencia a continuación:

2.5.1 Sistema de rallado manual.

Dicho sistema consta de una lámina en acero inoxidable con un grupo de perforaciones afiladas que se encargan de generar el rallado de la materia prima. *(Figura 4).*

⁸ FERNÁNDEZ, Peña. S.f. Estrategia de innovación como factor determinante del éxito de las cooperativas vitivinícolas de castilla la mancha. [En línea]. (Consultado el 10 de abril de 2019). Disponible en: <http://webs.ucm.es/info/revesco/txt/REVESCO%20N%2098.3%20Maria%20Valle%20FERNANDEZ,%20Isidro%20PENA.htm>

Su funcionamiento es de manera manual, ya que es necesaria la presencia de un individuo encargado de generar un movimiento que involucra un esfuerzo físico necesario para rallar la materia prima. Dicho sistema es versátil, permitiéndole un rallado fino, medio o grueso.

Figura 4. Maquina ralladora de queso manual



Fuente: DISTRIBUIDORA JIRÓN, productos, Rallador de queso cuatro lados [En línea].(Recuperado el 15 de abril de 2019).disponible en: <http://distribuidorajiron.com.ni/es/empresas-hoteles-rest/2273-rallador-de-queso-4-lados.html> .

2.5.2 Sistema de rallado semi-automático

Figura 5. Rallador de queso RDA-22



Fuente: VENTUS, línea complementarios, características rallador de queso, (Recuperado el 15 de abril de 2019). Disponible en: <https://ventuscorp.cl/shop/productos/linea-complementarios/rallador-queso/rallador-de-quesos-rda-22/>.

El sistema de rallado semi-automático consiste en una máquina que involucra el trabajo de un motor eléctrico, a fin de generar movimiento a una cuchilla de acero inoxidable, que es la encargada de generar el rallado de la materia prima. (Figura 5).

2.6. MAQUINAS EXISTENTES EN EL MERCADO COLOMBIANO

Actualmente en el mercado colombiano no existen fabricantes de máquinas ralladoras de queso que utilicen sistema semi automático de rallado, razón por la cual para adquirir una se tiene que realizar un proceso de importación, entre los proveedores se encuentran países tales como: Italia, Brasil, Estados Unidos.

Algunas empresas fabricantes de máquinas ralladoras de queso son FAM Centris Solution, Deville Technologics y Urschel, las tres con planta de fabricación en Estados Unidos, Además Sirman con planta de fabricación en Italia. y la empresa G.paniz con planta de fabricación en Brasil, las maquinas ralladoras de queso fabricadas por las empresas anteriormente mencionadas manejan un valor comercial entre los 400 a 800 dólares sin contar costos de importación.

2.6.1. Costos de importación de la máquina

En el mercado colombiano se comercializan unas máquinas ralladoras de queso del fabricante G.paniz las cuales la empresa CI Talsa se encarga de realizar el proceso de importación de dicha máquina, la maquina no se encuentra disponible en stock, para realizar la compra de ella se requiere realizar un pedido previo y en un tiempo de 8 a 15 días se hace efectiva la entrega de la máquina.

Para adquirir una maquina como persona natural diferente a la del fabricante G.paniz se requiere seguir una serie de pasos para realizar la importación mediante la empresa eshopex, la cual es encargada de comprar el producto en Estados Unidos y de realizar el respectivo envío a cualquier ciudad de Colombia. Para

realizar la importación es necesario cancelar los costos que acarrea el transporte, impuestos y aranceles aduaneros.

Los pasos a seguir se resumen en realizar un registro en la plataforma virtual de la empresa, seguido de este se debe seleccionar la empresa y el artículo que se desea comprar, como tercer paso se debe realizar el pago de costo de transporte, impuestos y aranceles aduaneros, cabe resaltar que después de comprado el artículo la empresa asegura que se demora de 48 a 72 horas hábiles dependiendo de la ciudad de Colombia a la que se debe realizar el envío.

Tabla 1. Costo de transporte para importaciones

Peso	Tarifa en USD
0 a 1.0 lb	\$6.00
1.1 a 2.0 lb	\$8.00
2.1 a 3.0 lb	\$12.00
3.1 a 4.0 lb	\$16.00
4.1 a 5.0 lb	\$23.00
5.1 a 6.0 lb	\$29.00
6.1 a 7.0 lb	\$35.00
7.1 a 8.0 lb	\$41.00
8.1 a 9.0 lb	\$47.00
9.1 a 10.0 lb	\$53.00
10.1 a 11.0 lb	\$59.00
11.1 a 12.0 lb	\$65.00
Libra adicional	\$6.00

Fuente: ESHOPEX.

Los costos son establecidos por la empresa de acuerdo con el peso y al tipo de artículo que se desea importar, a continuación, se muestra una tabla con los costos correspondientes al transporte, impuestos y aranceles aduaneros. (Tabla 1).

El costo del transporte aumenta en \$2.8 las primeras 5 libras y en \$2.0 por libra adicional cuando el envío se realiza a una ciudad diferente a Bogotá. Así como también cabe resaltar que para productos de precio inferior a \$200.00 no pagan IVA, y para los artículos con precios superiores a \$200.00 se debe cancelar el IVA del 19.0 % y aranceles aduaneros del 10.0%.⁹

Adicional a los costos mencionados anteriormente la empresa eShopex realiza un cobro por manejo aduanal de acuerdo al precio del paquete que se desea enviar (*Tabla 2*).

Tabla 2. Costos de manejo aduanal por paquete.

Valor del paquete en USD\$	Tarifa en USD
US \$0 - US \$30	\$2.00
US \$30.01 – US \$200	\$5.00
US \$200.01 – US \$500	\$8.00
US \$ 500.01 – US \$1000	\$10.00
Más de US \$1000	\$20.00

Fuente: ESHOPEX.

Teniendo en cuenta que una maquina ralladora de queso pesa aproximadamente 35 kg con embalaje, y tiene un valor comercial del US \$450, el costo de importación utilizando los servicios de la empresa eShopex sería aproximadamente de 431.5 dólares.

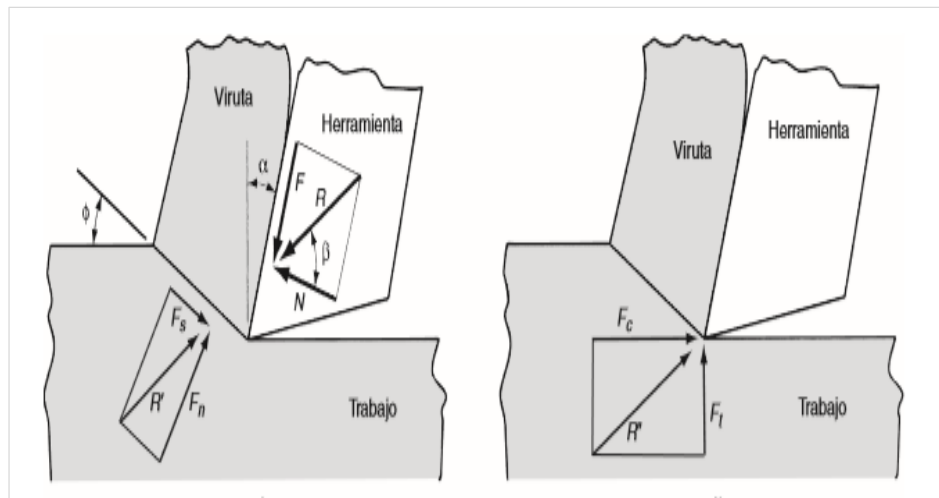
2.7. FUERZAS PRESENTES EN EL RALLADO DE QUESO

En el proceso de rallado de queso, se lleva a cabo un modelo anunciado por MIKELL GROOVER en su libro fundamentos de manufactura moderna; llamado corte ortogonal, el cual se hace efectivo cuando el filo cortante de la cuña actúa

⁹ ESHOPEX. Información general , [En línea]. Sección tarifas Colombia .(Consultado el 10 de mayo de 2019). Disponible en: <https://www.eshopex.com/co/tarifas/informacion-de-colombia/>

perpendicular a la dirección de la velocidad de corte. En el corte ortogonal se ven involucradas diferentes tipos de fuerza (Figura 6) las cuales son utilizadas para calcular factores importantes como lo son el esfuerzo cortante máximo y el coeficiente de fricción.

Figura 6. Corte ortogonal



Fuente: GROOVER, Mikell. Fundamentos de la manufactura moderna Tercera edición, editorial: Mc Graw Hill.

Como se puede evidenciar las fuerzas que actúan en el corte ortogonal se dividen en dos grupos: las fuerzas que actúan en el material y las fuerzas que actúan sobre la herramienta.

2.7.1. Ecuación de Merchant

Dichas fuerzas se relacionan de acuerdo a la ecuación de Eugene Merchant, descrita en el libro *fundamentos de manufactura moderna* del autor mencionado anteriormente¹⁰, el cual calcula el esfuerzo cortante mediante una relación de fuerza cortante y fuerza de corte, en donde se ven involucrados diferentes ángulos fundamentales en el corte. Merchant plantea que justo en el ángulo (θ) que se observa en la figura, el esfuerzo cortante es igual a la resistencia al corte del

¹⁰ GROOVER, Mikell. Fundamentos de la manufactura moderna Tercera edición, editorial: Mc Graw Hill.

3. DISEÑO CONCEPTUAL.

Con el fin de llevar a cabo de manera óptima el diseño de la maquina ralladora de queso, se presentan algunos requerimientos tanto del consumidor; como del diseñador, los cuales son necesarios e importantes para establecer las prioridades significativas para tener en cuenta en el diseño.

3.1. REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR

A continuación, se establece una lista de los requerimientos básicos de las necesidades del consumidor, con el fin de lograr óptimo desempeño de la maquina:

- Productividad:
- Costo de la máquina.
- Consumo de energía.
- Durabilidad.
- Fácil operación.
- Seguridad.
- Tiempo de trabajo.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil transporte.
- Tamaño.
- Material.
- Ruido.
- Documentación de manuales y catálogos.

3.1.1. Requerimientos del diseñador

Los requerimientos del diseñador conglomeran algunas especificaciones técnicas establecidas por los autores de la actual investigación. Basados en esto se produce una matriz de calidad, cuyo fin es identificar y seleccionar los requerimientos más relevantes.

- Presupuesto.
- Rendimiento.
- Mantenibilidad.
- Manufacturabilidad.
- Seguridad.
- Dimensiones de la máquina.
- Flexibilidad de producto final.
- Calidad del producto final.
- Montaje.
- Ergonomía.
- Confiabilidad.
- Estética.

Con base en los requerimientos expuestos anteriormente, se establece el despliegue de la función calidad (QFD) siendo una metodología utilizada en la ingeniería de calidad, con el fin de establecer prioridades de diseño que cumplan con las expectativas y preferencias de los usuarios.

3.1.2. Matriz calidad

Para realizar la matriz de calidad se establecen las prioridades en los requerimientos de los diseñadores y a partir de eso se busca establecer correlaciones con los requerimientos de los consumidores. Consecuentemente, se utiliza un método de valoración; basado en el nivel de correlación de ambos requerimientos:

No tiene relación: se utiliza el valor de 0

Nivel bajo: se utiliza el valor de 1

Nivel medio: se utiliza el valor de 3

Nivel superior: se utiliza el valor de 9

A continuación, se muestra la matriz de calidad realizada a partir de los requerimientos establecidos del consumidor y de los diseñadores.

Tabla 3. Matriz calidad

	QFD REQUERIMIENTOS MAQUINA RALLADORA																								
	PRIORIDAD	PRESUPUESTO	RENDIMIENTO	MANTENIBILIDAD	MANUFACTURABILIDAD	SEGURIDAD	DIMENSIONES	FLEXIBILIDAD (producto te	CALIDAD (producto final)	MONTAJE	ERGONOMIA (operario)	CONFIABILIDAD (operacio	ESTETICA												
PRODUCTIVIDAD	15	3	45	9	135	3	45	3	45	1	15	9	135	9	135	9	135	1	15	3	45	1	15	0	0
COSTO DE LA MAQUINA	14	9	126	3	42	3	42	1	14	0	0	9	126	9	126	3	42	3	42	3	42	3	42	3	42
CONSUMO DE ENERGIA	13	9	117	9	117	3	39	1	13	1	13	9	117	3	39	3	39	1	13	1	13	3	39	0	0
DURABILIDAD	12	3	36	9	108	3	36	3	36	0	0	3	36	1	12	1	12	3	36	3	36	3	36	0	0
FACIL OPERACIÓN	11	1	11	3	33	3	33	1	11	3	33	1	11	1	11	3	33	1	11	9	99	9	99	0	0
SEGURIDAD	10	1	10	1	10	9	90	1	10	9	90	0	0	1	10	1	10	9	90	9	90	9	90	1	10
TIEMPO DE TRABAJO	9	9	81	9	81	3	27	0	0	1	9	0	0	1	9	1	9	1	9	3	27	0	0	0	0
FACIL MANTENIMIENTO	8	3	24	3	24	9	72	3	24	1	8	3	24	3	24	3	24	9	72	9	72	3	24	1	8
FACIL TRANSPORTE	7	1	7	0	0	3	21	1	7	3	21	3	21	1	7	1	7	3	21	3	21	3	21	0	0
TAMAÑO	6	9	54	9	54	1	6	9	54	1	6	9	54	9	54	3	18	9	54	3	18	3	18	1	6
MATERIAL	5	9	45	3	15	9	45	9	45	9	45	3	15	3	15	9	45	3	15	3	15	9	45	3	15
RUIDO	4	3	12	1	4	3	12	1	4	1	4	1	4	1	4	3	12	1	4	9	36	3	12	3	12
DOCUMENTACION (manuale	3	1	3	1	3	3	9	1	3	1	3	1	3	1	3	3	9	0	0	3	9	9	27	3	9
TOTAL			571		626		477		266		247		546		443		395		382		523		468		102

En la (Tabla 4) se despliegan los resultados obtenidos de la matriz de calidad y se clasifican los 5 criterios más importantes, para ejecutar la selección se realiza la sumatoria de los puntos totales y se clasifica en porcentaje los criterios con mayor puntaje.

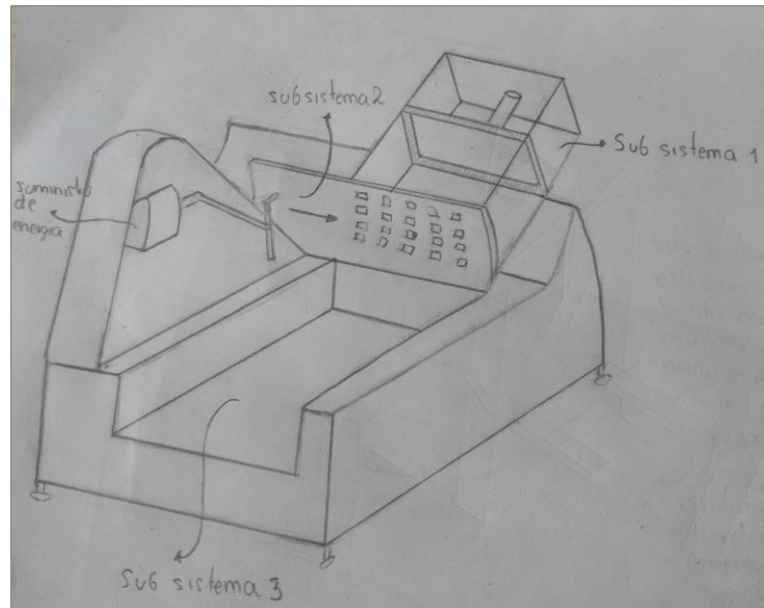
Tabla 4. Resultados del QFD

	Pts.	%
Rendimiento	626	12,4
Presupuesto	571	11,3
Dimensiones	546	10,8
Ergonomía	523	10,4
Mantenibilidad	477	9,4

3.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

3.2.1. Alternativa 1

Figura 8. Alternativa 1.

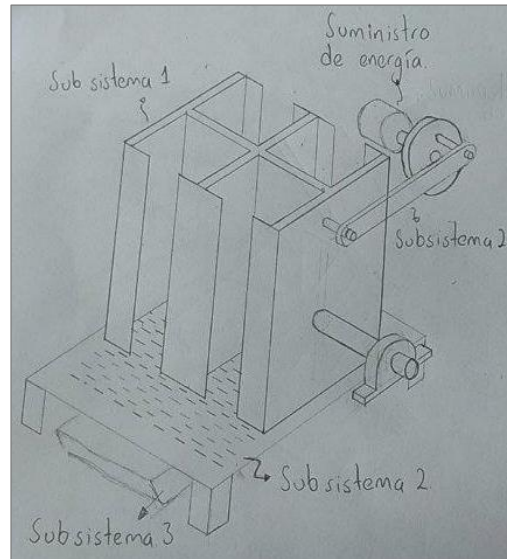


En la (Figura 8) se evidencia un bosquejo de la alternativa de diseño número 1, la cual está conformada por 3 subsistemas fundamentales y el suministro de energía. Dichos subsistemas están consolidados de la siguiente manera:

- Sub sistema 1: Este es el subsistema de alimentación, está conformado por una tolva, la cual cuenta con una placa sujeta a un resorte, de tal manera que al ingresar los quesos la placa comprima el resorte haciendo que este ejerza presión sobre el queso y así completar la operación de rallado.
- Sub sistema 2: Este subsistema está conformado por una cuchilla de forma cuadrada, la cual cuenta con unos orificios salientes, con el fin de rallar el queso. Dicha cuchilla es impulsada por un mecanismo de retorno rápido que ayuda a impedir obstrucciones en los orificios de la cuchilla.
- Sub sistema 3: Consiste en el sistema de recolección del queso rallado saliente del subsistema 2.

3.2.2. Alternativa 2

Figura 9. Alternativa 2.

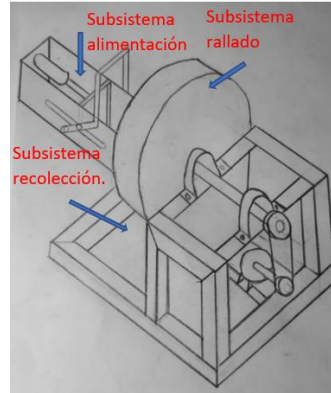


En la (Figura 9) se puede observar un bosquejo de la alternativa número 2, que está dividida en 3 subsistemas fundamentales y el suministro de energía. Los subsistemas están conformados de la siguiente manera:

- Sub sistema 1: Es el sistema de alimentación, éste, se encuentra compuesto por una estructura que permite ingresar cuatro bloques de queso al tiempo y gracias al efecto de la gravedad, baja y generando el rallado contra la cuchilla de corte.
- Sub sistema 2: Está conformado por 2 partes: La primera parte es la cuchilla del rallador, cuenta con una lámina sujeta al bastidor de la máquina. La segunda parte, es el mecanismo que genera el vaivén y está compuesto por un motor que cuenta con una polea y un pin ubicado de manera excéntrica al eje del motor, con el fin de generar el movimiento al subsistema 1.
- Sub sistema 3: Sistema de reelección, dicho sistema está diseñado de tal manera que el queso se pueda recolectar en un recipiente, ubicado en la parte inferior del rallador.

3.2.3. Alternativa 3

Figura 10. Alternativa 3.



En la (Figura 10) se puede observar un bosquejo de la alternativa número 3, conformada por 3 subsistemas, explicados a continuación.

- El subsistema de alimentación está conformado por una tolva que posee un cilindro a gas, encargado de realizar la presión del queso contra la cuchilla ralladora.
- El subsistema de rallado se encuentra conformado por una cuchilla ralladora y una tolva de recolección de queso que cubre la cuchilla, garantizando así, una efectiva recolección del queso.
- El sub sistema de recolección, se encuentra conformado por un contenedor que tiene como función recoger el queso.

Para efectos de esta monografía, la alimentación de energía consta de un motor eléctrico, además, la trasmisión de potencia se ejecutará mediante poleas con correa trapezoidal.

2.2.4. Evaluación de alternativas

Se realiza un criterio de selección de alternativas, donde se le propondrá valor a cada una de ellas en un rango de 1 a 5, en donde 1; es el más bajo y 5; es el máximo, cada valor se asigna con respecto a los criterios de diseño, definidos por los encargados del proyecto.

Tabla 5. Matriz de evaluación de alternativas

Alternativas				
Criterios de diseño	%	1	2	3
Rendimiento	12,4	4	4	4
Presupuesto	11,3	3	3	4
Dimensiones	10,8	3	3	3
Ergonomía	10,4	4	3	3
Mantenibilidad	9,4	3	2	4

Tabla 6. Resultados de la matriz de evaluación de alternativas.

Alternativas			
	1	2	3
	0,496	0,496	0,496
	0,339	0,339	0,452
	0,324	0,324	0,324
	0,416	0,312	0,312
	0,282	0,188	0,376
Resultado	1,857	1,659	1,96

Consecuentemente, se realiza la matriz ponderada de la evaluación de las alternativas, donde se multiplica el porcentaje de importancia de cada requerimiento con el valor asignado de cada alternativa, con respecto a los criterios de diseño, posteriormente se realiza la suma de cada valor con el fin de encontrar la alternativa ganadora.















3.2.5. Descripción de la alternativa ganadora

La alternativa ganadora es el número 3, puesto que esta cumple con las especificaciones presentadas en la matriz de calidad QFD, este diseño cuenta con la ventaja de utilizar una cuchilla ralladora que gira a una velocidad angular constante, haciendo que el proceso de rallado sea más rápido. Dicha maquina posee un motor eléctrico que genera movimiento a la cuchilla de corte y esta a su vez completa dicho proceso, el producto procesado se almacenará en una bandeja ubicada en la parte inferior del rallador.

3.3 CUADRO MORFOLÓGICO.

Para el diseño de los componentes más importantes de la maquina se plantearon diferentes soluciones, estas fueron analizadas mediante el cuadro morfológico, mediante el cual se pueden analizar las diferentes combinaciones posibles para resolver una función, para efectos de esta monografía se escogió la combinación descrita en la (*Figura 11*) debido a que esta se adapta mejor a las necesidades del diseñador, ya que cuenta con una alimentación de energía apropiada para la potencia y torque que se necesita desarrollar, adicional a esto posee una transmisión de potencia flexible, siendo esta la indicada para las condiciones de trabajo que se tienen, para el sistema de rallado se eligió una cuchilla con forma redonda y para el sistema de alimentación se eligió un pistón a gas, puesto que es económico y de fácil adquisición.

Figura 11. Cuadro morfológico maquina ralladora.

SOLUCIONES FUNCIONES		SOLUCIONES			
		1	2	3	4
1	ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA	Motor eléctrico CC 	Motor eléctrico CA 		
2	TRANSMISIÓN DE POTENCIA	Transmisión por correas 	Transmisión por engranajes 	Transmisión por cadena 	Motoreductor 
3	MECANISMO DE EMPUJE	Actuador hidráulico 	Piston a gas 	Actuador neumático 	Actuador eléctrico 
4	CUCHILLA DE CORTE	Cuchilla redonda 	Cuchilla cuadrada 		
4	CUCHILLA DE CORTE	Contenedor de plástico 	Contenedor de acero 		

3.4. MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE ALIMENTOS

Actualmente en Colombia el instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA), infiere en su resolución 4142 del 2012 el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben llevar los materiales metálicos destinados a entrar en contacto con alimentos, en el cual en su artículo 7 dice que podrán ser utilizados una lista de materiales en los que se encuentra las aleaciones inoxidables del acero siempre y cuando se encuentren reportadas en la lista positiva de la FDA.

Actualmente en Colombia el material que más se utiliza para el contacto con alimentos es el acero inoxidable en el grado 304 y 316, estos aceros deben presentar mínimo el 10.5 % de cromo y estar entre el 0.0 y 0.1 por ciento de carbono.

3.5 PROPIEDADES DEL QUESO A RALLAR.

En el mercado existen diferentes tipos y variedades de queso los cuales difieren en su contenido nutricional, de grasa, humedad, y su tipo de pasta¹¹, el queso puede ser utilizado para diferentes aplicaciones culinarias, los cuales brindan propiedades diferentes que cada plato necesita.

3.5.1 Queso mozzarella

El queso mozzarella es de origen italiano, obtenido a partir de hilado de una masa acidificada complementado por la acción de bacterias lácticas específicas, dicho queso es de mediano contenido de humedad, de alto en grasa, y se considera una fuente proteica, debido a su contenido de proteínas en su composición.¹²

Gracias a sus características el queso mozzarella es el más utilizado en la elaboración de gran cantidad de platos como lo son: pizza, lasaña, pastas, entre otros [...]

3.5.2. Propiedades funcionales del queso mozzarella

El queso mozzarella para ser utilizado en la preparación de diferentes platos de origen italiano y americano debe llevar un proceso adicional de rallado, el cual debe cumplir con ciertas propiedades funcionales, las cuales son las encargadas de satisfacer las expectativas necesarias para su uso.

Una propiedad fundamental que debe tener el queso mozzarella rallado para su uso en la preparación de alimentos es la de permitir una rápida fusión respecto a otros

¹¹ AGROINDUSTRIA. Nutrición y educación alimentaria. Ficha 38. Quesos, concentración de nutrientes. [En línea]. (Recuperado el 22 de mayo de 2019). Disponible en: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/escuelagro/_archivos//000010_Alimentos/000000_Educacion%20Alimentaria/000000_Ficha%20Quesos.pdf.

¹² CRUZ, Jésica. Elaboración de queso mozzarella con diferentes porcentajes de grasa en la leche de vaca. Universidad EARTH. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/6327637/ELABORACION_DE_QUESO_MOZZARELLA_CON_DIFERENTES_PORCENTAJES_DE_GRASA_EN_LA_LECHE_DE_VACA.

métodos de reducción como lo son el corte tajado, la trituración, o el corte en cuadritos.

La rallabilidad gruesa es la capacidad para cortar limpiamente en tiras largas y delgadas de dimensiones uniformes, por lo general son cilindros de 2.5 cm de largo con 0.6 cm de diámetro¹³, además de eso debe presentar baja susceptibilidad a la fractura o a la formación de polvo.

Según el autor del artículo propiedades de los quesos; énfasis en quesos de pasta hilada¹⁴, se evalúa la rallabilidad del queso mozarela con la siguiente metodología:

- Se cortan bloques de queso de 4 cm de ancho * 4 cm de altura * 9 cm de largo a diferentes temperaturas de 4, 12, 20 grados centígrados respectivamente
- Se expone a ser rallado bajo una carga constante de 4 kg.
- Se tamiza el queso rallado en horizontal y en vertical a través de dos tamices con aperturas de 12.7 mm² y de 6.35 mm² respectivamente.
- Los fragmentos que no pasan por el tamiz de 12.7mm² se clasifican como tiras largas, los fragmentos que no pasan por el tamiz de 6.35 mm² se clasifican como tiras cortas y los fragmentos que pasan por el tamiz de 6.35mm² se clasifican como fragmentos finos.
- Se evalúa la rallabilidad pesando cada conjunto de queso obtenido y calculando el porcentaje de queso que se adhirió a la hoja; el porcentaje de queso que se adhirió a la parte superior del procesador de alimentos.

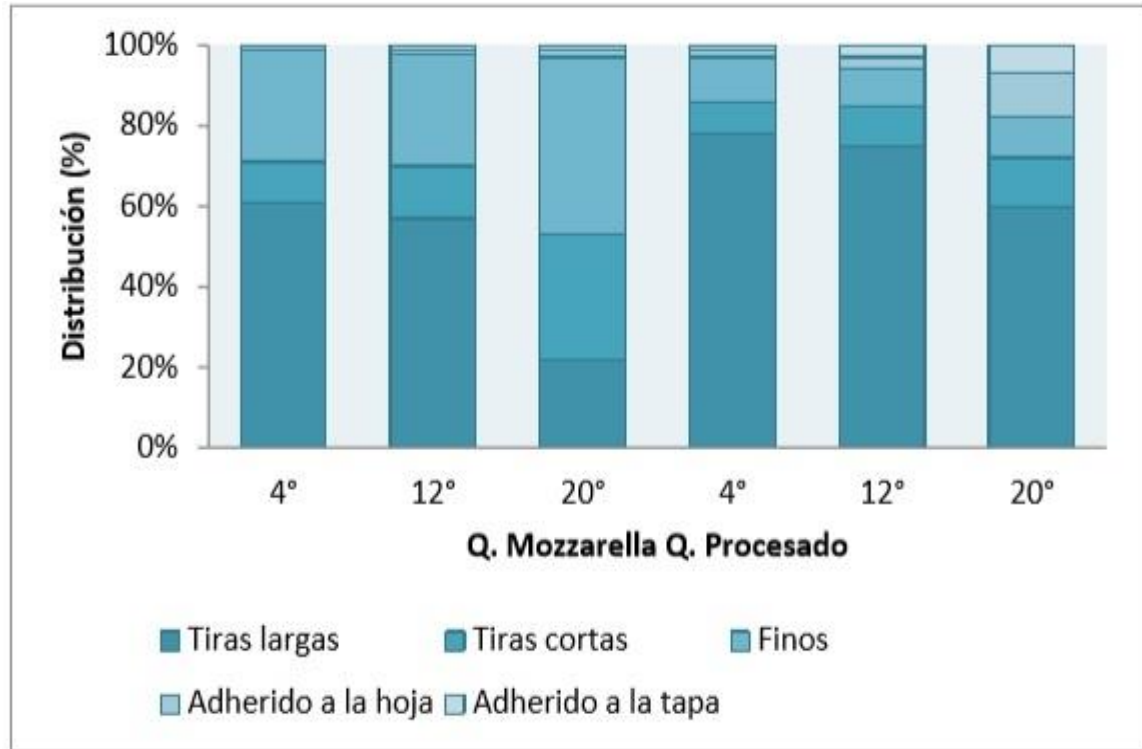
Teniendo en cuenta esta investigación, se concluye que para obtener un mayor porcentaje de rallabilidad gruesa se debe procesar el queso a una temperatura de 4 grados centígrados, con el fin de obtener la mayor cantidad de tiras largas. (ver

¹³RAMIREZ, Juan Sebastián. Propiedades funcionales de los quesos. Universidad del valle. Escuela de ingeniería de alimentos. [En línea]. (Recuperado el 22 de mayo de 2019). Disponible en: https://www.academia.edu/28352668/Propiedades_funcionales_de_los_quesos.

¹⁴ Ibid.

(Figura 12). Consecuentemente para la actual monografía se tomará como base dichos resultados.

Figura 12. Rallabilidad queso mozzarella a temperaturas de 4, 12, 20 grados centígrados



Fuente: RAMIREZ, Juan Sebastián. Propiedades funcionales de los quesos.

3.5.3 Propiedades reológicas del queso mozzarella

El comportamiento reológico del queso mozzarella es un factor fundamental a la hora de diseñar una máquina para el procesamiento de él, ya que sus

características influyen de manera directa con la calidad del proceso y del producto terminado.¹⁵

Las propiedades reológicas se obtuvieron de un artículo llamado *torsion gelometry of chesse*, donde estudian las propiedades de diferentes quesos utilizados en el mercado, mediante pruebas y análisis de perfil de textura TPA (texture profile analysis) la cual se realiza según lo descrito por el autor tunick en el año 2000, el cual implica extraer 4 muestras en forma de cilindros de 15 mm de diámetro con 15 mm de altura los cuales son sometidos a una compresión del 75% de su tamaño inicial, mediante una máquina de pruebas universal la cual utiliza una velocidad de operación de 100 cm/min. Mediante dichas pruebas se obtuvieron valores de dureza, elasticidad y cohesión.

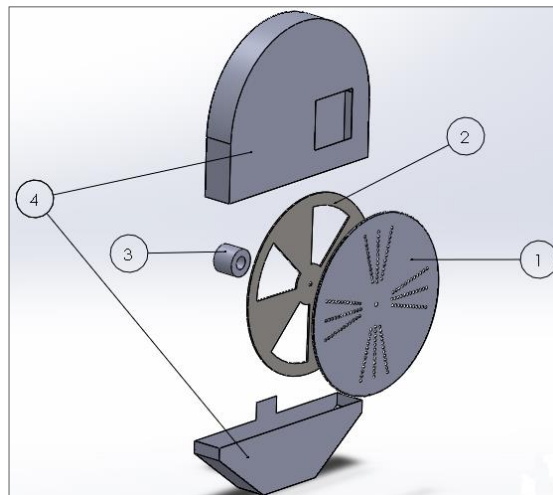
Los valores de esfuerzo cortante y esfuerzo de corte en el punto de fractura fueron obtenidos a través de un gelometro de torsión, que opera a una velocidad angular constante de 2.5 RPM, y utiliza muestras uniformes con el fin de que la geometría tenga una mínima influencia en los cálculos, mediante este método también es posible calcular la rigidez al cizallamiento siendo igual a esfuerzo máximo / deformación máxima.

¹⁵ OSORIO, Juan. CIRO, Héctor & MEJIA, Luis. Caracterización reológica y textual del queso EDAM.[En línea].(Recuperado el 22 de mayo de 2019).Disponible en:<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v72n147/a04v72n147.pdf>

3.6 DISEÑO CAD SUBSISTEMA DE RALLADO.

De las diferentes opciones planteadas anteriormente se seleccionó la alternativa 3, debido a que esta ofrece mayor rendimiento, puesto que se somete a un movimiento circular para rallar mayor cantidad de queso en una revolución. (*Figura 13*)

Figura 13. Subsistema de rallado



Teniendo en cuenta la (*Figura 13*) se genera una tabla explicativa teniendo en cuenta las partes señaladas con números en el subsistema de rallado.

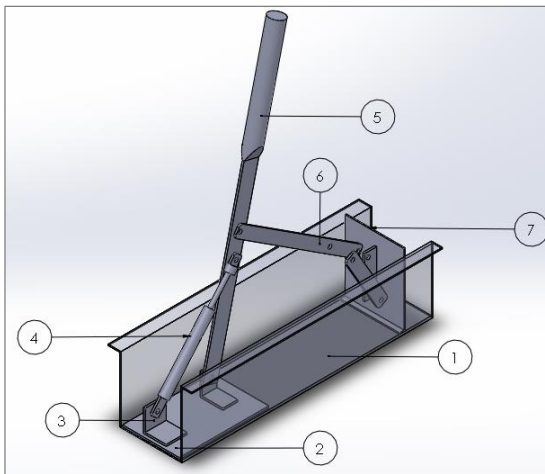
Tabla 7. Tabla explicativa de la figura 13

TABLA EXPLICATIVA	
1	Cuchilla ralladora
2	Soporte de cuchilla
3	Buje
4	Cubierta de rallador

3.7 DISEÑO CAD SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL QUESO

Se seleccionó el diseño del sistema de alimentación conformado por un pistón a gas puesto que este representa menores costos en la construcción de la máquina, además de cumplir a cabalidad su función de empujar el queso hacia el sistema de rallado. (Figura 14)

Figura 14. Subsistema de alimentación del queso



Teniendo en cuenta la (Figura 14) se genera una tabla explicativa teniendo en cuenta las partes señaladas con números en el subsistema de rallado.

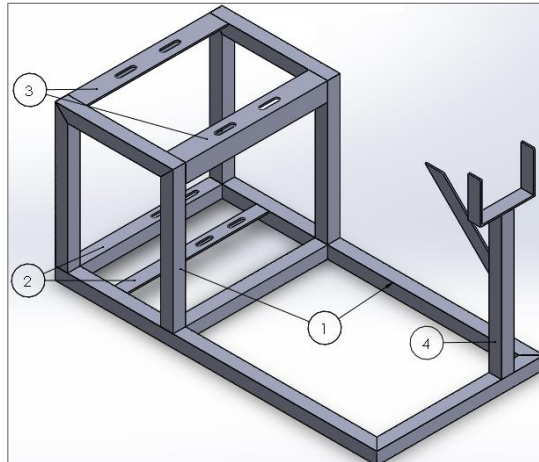
Tabla 8. Tabla explicativa figura 14

TABLA EXPLICATIVA	
1	Tolva de alimentación
2	Soporte mecanismo
3	Angulo soporte
4	Pistón a gas
5	Barra de retroceso del pistón
6	Barra mecanismo de empuje
7	Lamina de empuje

3.8 DISEÑO CAD DEL SUBSISTEMA DE BASTIDOR

El subsistema del bastidor se encuentra diseñado para reunir al sistema de alimentación de energía, así mismo, a la transmisión de potencia y al sistema de alimentación de queso.

Figura 15. Subsistema de bastidor



Teniendo en cuenta la (Figura 15) se genera una tabla explicativa teniendo en cuenta las partes señaladas con números en el subsistema de rallado.

Tabla 9. Tabla explicativa de la figura 15

TABLA EXPLICATIVA	
1	Soporte principal
2	Soporte del motor
3	Soporte de eje
4	Soporte del canal de alimentación

3.9 DISEÑO CAD MAQUINA RALLADORA DE QUESO.

El diseño en CAD de la maquina se realizó mediante el software de diseño en 3D SolidWorks, a continuación, en las (Figuras 16 y 17) se muestran vistas isométricas del diseño de la alternativa ganadora.

Figura 16. Vista isométrica 1

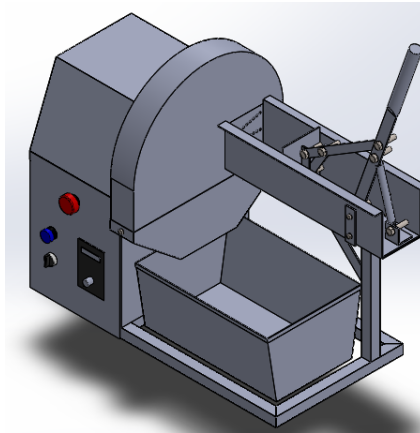
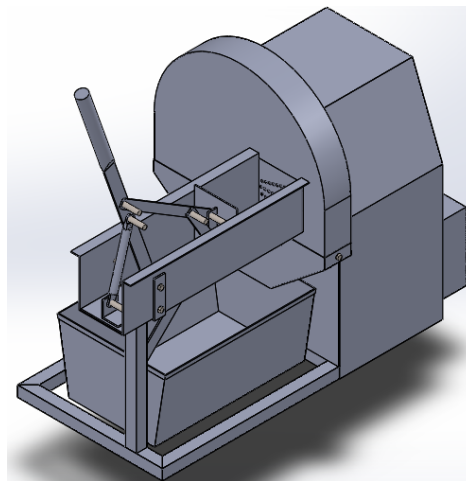
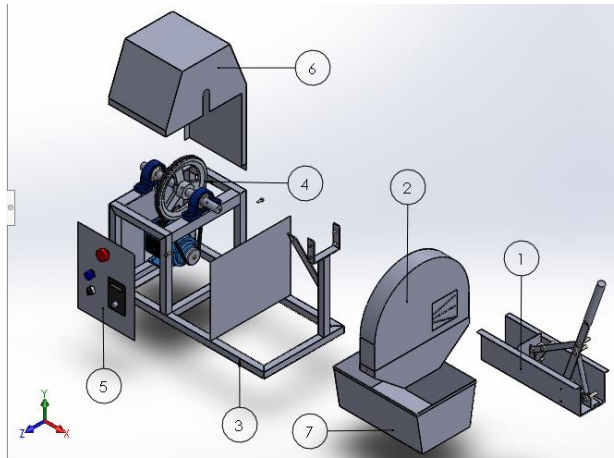


Figura 17. Vista isométrica 2.



A continuación, se muestra una vista explosionada de la maquina realizada en SolidWorks. (Figura 18)

Figura 18. Maquina ralladora de queso



Teniendo en cuenta la (Figura 18) se genera una tabla explicativa con las partes señaladas con números en el subsistema de rallado.

Tabla 10. Tabla explicativa de la figura 18

TABLA EXPLICATIVA	
1	Sub sistema de alimentación de materia prima
2	Sub sistema de rallado de queso
3	Bastidor de la maquina
4	Transmisión de potencia por correa
5	Tablero de mando
6	Cubierta poleas
7	Bandeja de recolección.

4. DISEÑO DE DETALLE.

4.1. EXPERIMENTO DE LA FUERZA DE FRICCIÓN

Con el fin de encontrar la fuerza de fricción promedio y el coeficiente de fricción entre el acero inoxidable 304 el cual se va a utilizar para la construcción del proyecto

y el queso mozzarella el cual queremos rallar, se realizó un experimento sencillo en el cual se utilizaron los siguientes utensilios:

- Lamina de acero inoxidable 304.
- Bloque de queso mozzarella.
- Bolsa de arroz.
- Gramera.

El experimento se basa en encontrar el peso de arroz exacto en el que este obligue al queso a empezar a deslizarse sobre la lámina de acero 304 y de esta manera poder encontrar mediante el análisis matemático de la situación el coeficiente de fricción entre el producto y el material sobre el que se desliza.

Figura 19. Pesaje del queso mozzarella utilizado



Para este experimento se utilizaron 86.0 gramos de queso tipo mozzarella y 280.0 gramos de arroz, este peso del arroz fue el necesario para que el queso empezara a deslizarse.

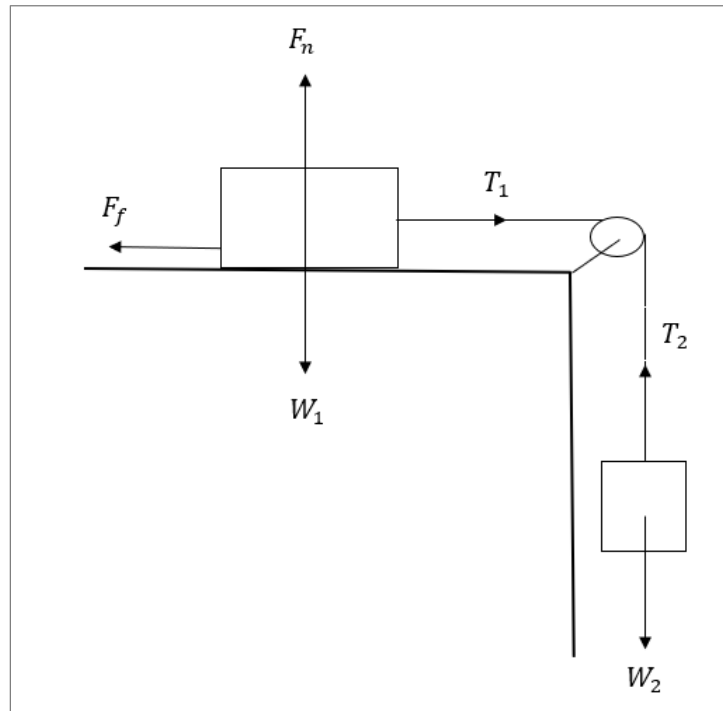
Figura 20. Pesaje del arroz utilizado.



Figura 21. Experimento realizado



Figura 22. Diagrama de cuerpo libre



En la (Figura 22) se muestra un diagrama de cuerpo libre para el experimento realizado, en donde:

- F_n representa la fuerza normal
- F_f representa la fuerza de fricción
- T_1 representa la tensión 1
- T_2 representa la tensión 2
- W_1 representa el peso del queso
- W_2 representa el peso del arroz

Con base en esto se pueden plantear las siguientes ecuaciones:

DCL de la polea

$$T_1 = T_2 \quad (1) \text{ tensiones en la cuerda}$$

dcl arroz

$$T_2 = w_2 \quad (2) \text{ tension 2}$$

dcl queso

sumatoria de fuerzas en x igual 0

$$F_f - T_1 = 0 \quad (3) \text{ fuerza de friccion}$$

$$F_f = \mu_s \cdot F_n \quad (4) \text{ coeficiente de friccion}$$

sumatoria de fuerzas en y igual 0

$$F_n = w_1 \quad (5) \text{ fuerza normal}$$

$$\cos(\beta) \cdot \mu_s = \sin(\beta) \quad (6) \text{ angulo beta}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtienen los siguientes resultados

$$\begin{aligned} \beta &= 72,98 & F_f &= 2,747 \text{ [N]} & F_n &= 0,8407 \text{ [N]} & g &= 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} & \mu_s &= 3,267 \\ T_1 &= 2,747 \text{ [N]} & T_2 &= 2,747 \text{ [N]} & w_1 &= 0,8407 \text{ [N]} & w_2 &= 2,747 \text{ [N]} \end{aligned}$$

4.2 VELOCIDAD DE CORTE

La velocidad de corte para esta monografía se obtuvo por medio de pruebas experimentales que se realizaron utilizando los siguientes equipos.

- Rallador de queso manual

Para el experimento se utilizó un rallador elaborado con el mismo material que se va a elaborar la cuchilla ralladora de queso del proyecto y se le realizaron orificios de 7/32 de pulgada. (Ver figura 23).

Figura 23. Rallador de queso manual



- Queso

Se utilizó queso tipo mozzarella, el cual es el más utilizado en el mercado alimenticio. (Ver figura 24)

Figura 24. Queso mozzarella



Fuente: QUESO MOZZARELLA. Consultado 1 de octubre de 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com/search?q=QUESO+MOZZARELLA&client=opera&hs=PA2&sxsrf=ACYBGNTqPzMTVqaIQPedEFrIBpi4vPENA:1571371908988&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjwwcfD-KTIAhVGqIkKHd8ICgIQ_AUIESgB&biw=1205&bih=569#imgrc=pUSG9FDXDlp8PM:

- Balanza.

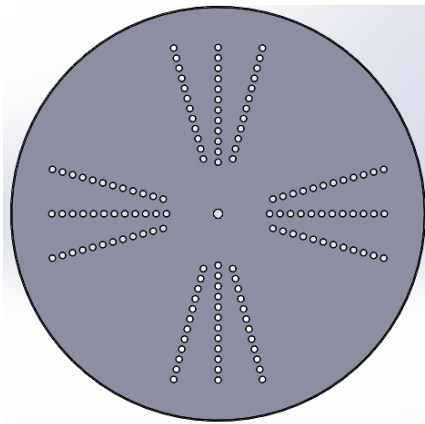
Se utilizó para tomar el peso del queso rallado. (Figura 25)

Figura 25. Balanza para prueba



La prueba consiste en rallar cierta cantidad de queso en determinadas pasadas del rallador, con el fin de conocer cuántos gramos de queso se pudieron rallar. Para esta prueba se tiene como dato inicial que se necesitan rallar $20000\left[\frac{g}{h}\right]$, según lo establecido en los objetivos del proyecto. Para entender el esquema de la prueba es necesario comprender la geometría (Figura 26) seleccionada en el rallador a construir.

Figura 26. Esquema del rallador.



De acuerdo con la geometría, se determinó que 1 revolución del rallador a construir equivale a 12 filas del rallador elaborado, de esa misma manera se dice que una pasada del rallador elaborado equivale a 17 filas. (Ver figura 26).

Según el experimento elaborado se evidencio que por 7 pasadas del rallador elaborado se logró rallar 9.5 g de queso. (Figura 27)

Figura 27.Resultado del experimento



Fuente: Elaboración propia a partir del experimento

Con base en la prueba experimental se realizaron los siguientes cálculos.

calculos del experimento de velocidad de corte

dato inicial

produccion = 20000 [kg]

datos obtenidos en experimento

$C_{pasadas;experimento} = 7$

$gramos_{rallados;experimento} = 9,5$

$C_{pasadas;necesarias} = \frac{produccion \cdot C_{pasadas;experimento}}{gramos_{rallados;experimento}}$

se determino que 1 pasada = a 17 filas que rallan queso y que 1 revolucion = a 12 filas del rallador por lo tanto

$$V_{\text{corte}} = \frac{C_{\text{pasadas,necesarias}}}{60} \cdot 1,4166$$

Las ecuaciones mostradas anteriormente dan como resultado:

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$$C_{\text{pasadas,experimento}} = 7$$

$$C_{\text{pasadas,necesarias}} = 14737$$

$$\text{gramos}_{\text{rallados,experimento}} = 9,5 \text{ [g]}$$

$$\text{produccion} = 20000 \text{ [g]}$$

$$V_{\text{corte}} = 347,9 \text{ [RPM]}$$

Por lo tanto se obtiene que la velocidad de corte necesaria para lograr una produccion de 20 kg/h propuesto en los objetivos son 350 RPM

4.3 FUERZA DE EMPUJE

La fuerza de empuje en este caso hace referencia a la fuerza que se debe generar para empujar el queso sobre la tolva hasta la cuchilla, que es la encargada de rallar el queso. Dicha fuerza da pie para realizar cálculos necesarios en el diseño de la máquina.

El valor de la fuerza de empuje que se utilizó en esta monografía sale del estudio realizado por Luisa Barbosa y Natalia Delgado, donde se realizaron diferentes ensayos que consta en empujar y halar un carro de carga para medir mediante un dinamómetro la fuerza que utilizo en dicho procedimiento.

En ese estudio se concluye que la fuerza promedio ejercida por una persona en dicha labor es de 11.779 Kgf lo cual es igual a 115.51 N, esta fuerza es válida ya que es mayor a la fuerza mínima necesaria para romper el movimiento inminente

del bloque de queso sobre la tolva. Para esta investigación se va a utilizar un pistón a gas estándar que produce una fuerza de 120 N.

Para realizar cálculos de la fuerza de corte es necesario conocer el valor de la fuerza de empuje que se ejerce en un orificio de la cuchilla ralladora. Para conocer esta fuerza se realizó el siguiente cálculo.

calculo de la fuerza de empuje en un orificio

$L = 0,1$ [m] lado de la placa que empuja el queso

$$t_o = 2,778125 \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{m}{mm} \right|$$

$$A_{placa} = L^2$$

$F_{t,completa} = 120$ [N] Fuerza de empuje promedio

$$F_t = \frac{F_{t,completa}}{A_{placa}} \cdot \pi \cdot t_o^2 \quad (9) \text{ Fuerza que actua sobre un solo en un orificio del rallador}$$

Para realizar los orificios de la cuchilla de corte se utilizó una broca de $\frac{7}{32}$ de pulgada.

Con base en las ecuaciones se obtienen los siguientes resultados.

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$A_{placa} = 0,01$ [m²]

$F_t = 0,291$ [N]

$F_{t,completa} = 120$ [N]

$L = 0,1$ [m]

$t_o = 0,002778$ [m]

4.4 FUERZA DE CORTE

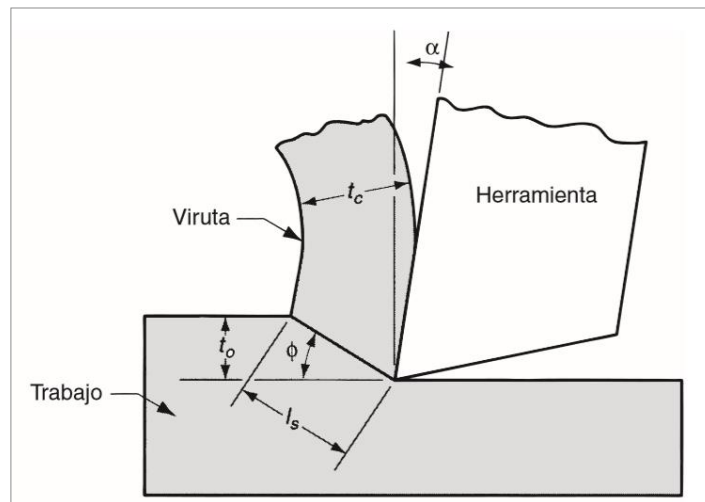
Para el cálculo de la fuerza necesaria de corte ejercida en la cuchilla ralladora es necesario conocer el valor de la resistencia al corte, la cual fue tomada de la

investigación realizada por tunick en el año 2002 en donde se concluye que la resistencia al corte del queso mozzarella fresco es igual a 48.5 Kpa¹⁶.

Con base en la resistencia al corte se utiliza el criterio de corte ortogonal que plantea Mikell Groover descrita en el libro *fundamentos de manufactura moderna*, resolviéndola por medio de la ecuación de Merchant.

Para plantear la ecuación de Merchant, es necesario conocer la geometría que se muestra a continuación.

Figura 28. Modelo de corte ortogonal



Fuente: Fundamentos de manufactura moderna.

Para el caso de la maquina ralladora de queso, el área de trabajo que se observa en la figura es el queso y la herramienta; es la cuchilla de corte.

¹⁶ Torsion Gelometry of Cheese tunick 2002

Figura 29. Corte ortogonal para el proceso de rallado de queso

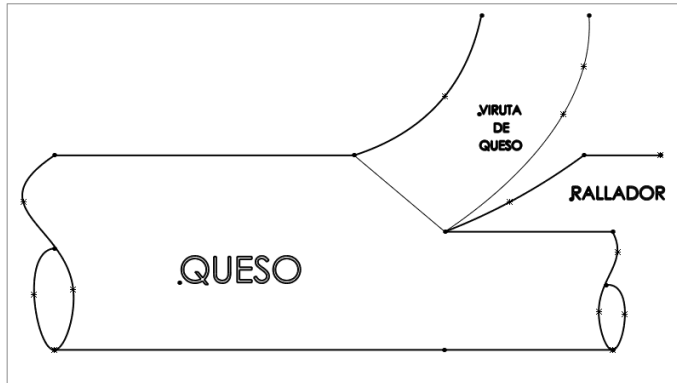
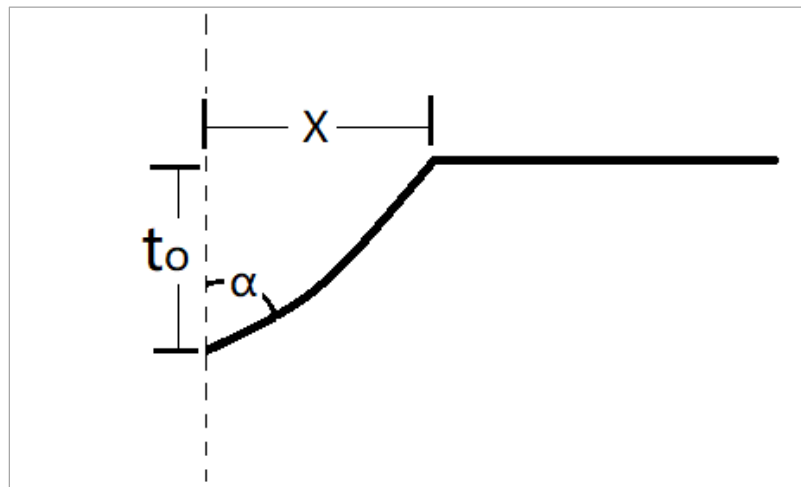
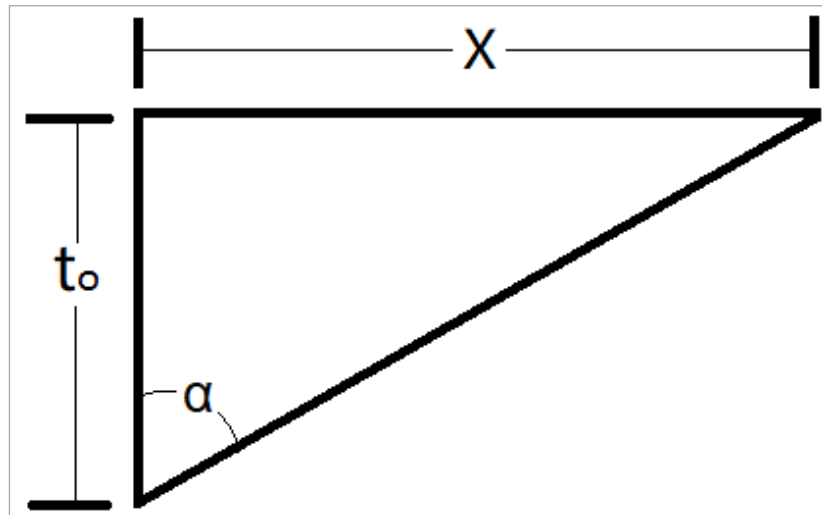


Figura 30. Bosquejo para el cálculo del ángulo Alpha



Para el cálculo del ángulo α (Alpha) se asemeja el perfil de la cuchilla ralladora a un triángulo rectángulo, el cual se muestra a continuación.

Figura 31. Triángulo rectángulo.



Con base en el triángulo rectángulo se plantea la siguiente ecuación.

calculo de alpha

$x = 5$ **representa la profundidad del orificio**

$t_0 = 2,778$ **representa el radio del orificio**

$$\alpha = \arctan \left[\frac{x}{t_0} \right] \quad (10) \text{ angulo alpha}$$

Se obtiene el siguiente resultado.

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$$\alpha = 60,94 \text{ [deg]} \quad t_0 = 2,778 \text{ [mm]}$$

$$x = 5 \text{ [mm]}$$

A continuación, se presentan los cálculos correspondientes a la fuerza de corte.

DATOS PARA EL CALCULO DE LA FUERZA DE CORTE

$$F_t = 0,291 \text{ Fuerza de empuje}$$

$$\mu = 3,267 \text{ Coeficiente de fricción entre el queso y el acero}$$

$$w = 5,5 \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{m}{mm} \right| \text{ Ancho del plano de corte, en este caso el diametro de un circulo}$$

$$S = 48500 \text{ [kPa] Resistencia al corte del queso}$$

$$t_0 = 2,778 \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{m}{mm} \right| \text{ radio de un orificio de la cuchilla de corte}$$

$$t_c = 6 \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{m}{mm} \right| \text{ Grosor deseado en el queso rallado}$$

$$\alpha = 60,97 \text{ Sale de la geometría del rallador}$$

$$S = \tau_{ao} \text{ Suposición para hallar el angulo phi}$$

$$\phi = 45 + \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2} \text{ (11) ecuacion de merchant}$$

$$\mu = \tan(\beta) \text{ (12) angulo beta}$$

$$\mu = \frac{F}{N} \text{ (13) fuerza de friccion}$$

$$F = F_c \cdot \sin(\alpha) + F_t \cdot \cos(\alpha) \text{ (14) fuerza de corte}$$

$$N = F_c \cdot \cos(\alpha) - F_t \cdot \sin(\alpha) \text{ (15) fuerza normal}$$

$$\tau_{ao} = \frac{F_s}{A_s} \text{ (16) esfuerzo cortante}$$

$$A_s = t_0 \cdot \frac{w}{\sin(\phi)} \text{ (17) area de plano de corte}$$

$$\text{Resultante}^2 = F^2 + N^2 \text{ (18) fuerza resultante entre la fuerza de friccion fuerza normal}$$

$$F_N^2 = \text{Resultante}^2 - F_s^2 \text{ (19) fuerza normal a la fuerza cortante}$$

Con base en las ecuaciones anteriormente mostradas, se obtienen los siguientes resultados.

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$$\alpha = 60,97 [^\circ]$$

$$A_s = 0,00002428 [m^2] \quad \beta = 72,98 [^\circ]$$

$$F = 1,337 [N]$$

$$F_c = 1,368 [N]$$

$$F_N = 0,754 [N]$$

$$F_S = 1,178 [N]$$

$$F_t = 0,291 [N]$$

$$\mu = 3,267$$

$$N = 0,4093 [N]$$

$$\phi = 38,99 [^\circ]$$

$$\text{Resultante} = 1,398 [N]$$

$$S = 48500 [kPa]$$

$$\tau_o = 48500 [Pa]$$

$$t_c = 0,006 [m]$$

$$t_o = 0,002778 [m]$$

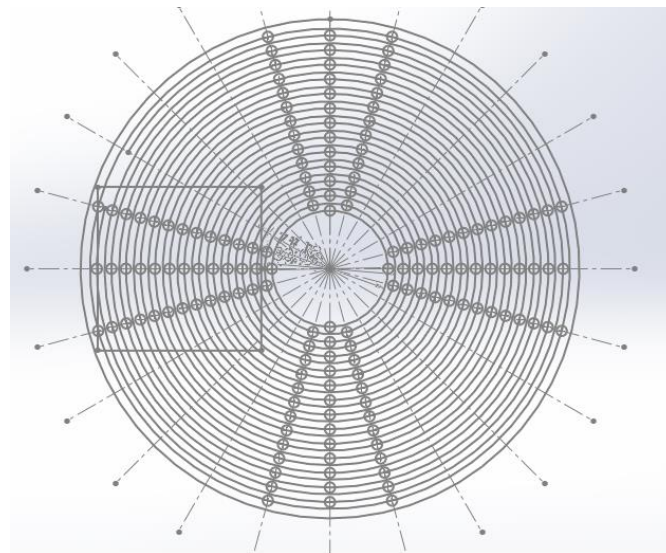
$$w = 0,0055 [m]$$

Dicha fuerza de corte es la necesaria para realizar los cálculos de potencia y torque, que se requieren para realizar el trabajo en el proceso de rallado de queso.

4.5 CALCULO DEL TORQUE EJERCIDO EN EL PROCESO

Para calcular el torque que se ejerce, se hace necesario saber cuál es la mayor cantidad de orificios de la cuchilla que están presentes en la operación en determinado momento. Para saber este valor, se observó el diseño de la cuchilla y la configuración del queso sobre ella, (Ver figura 32)

Figura 32. Torque en la cuchilla



En la figura se observa la geometría del rallador que actúa sobre el queso, en la posición donde intervienen la mayor cantidad de orificios utilizados para rallar queso. En este caso se evidencia que son 3 las filas de orificios que siempre van a estar en contacto con el queso produciendo un rallado continuo del mismo.

Para el cálculo del radio medio se es necesario tomar la distancia de cada orificio al centro del rallador, y realizar la sumatoria de las distancias con el fin de sacar el radio necesario para calcular el torque.

En la (Tabla 11) se observa el número de orificios actuando sobre el queso y la sumatoria de distancias para cada fila, teniendo en cuenta la separación entre orificios y la distancia inicial.

Tabla 11. Cálculo del Radio medio

ORIFICIOS	FILA1	FILA2	FILA3
1	0	0	0
2	49,49	45,04	49,49
3	58,97	54,52	58,97
4	68,45	64	68,45
5	77,93	73,48	77,93
6	87,41	82,96	87,41
7	96,89	92,44	96,89
8	106,37	101,92	106,37
9	115,85	111,4	115,85
10	125,33	120,88	125,33
11	134,81	130,36	134,81
12	144,29	139,84	144,29
13	153,77	149,32	153,77

SUMA	1219,56	1166,16	1219,56
DISTANCIA TOTAL	3605,28		

Con el fin de obtener el valor del torque ejercido en el rallado de queso se utiliza la formula numero 20 enunciada a continuación.

calculo del torque

$$\text{Torque} = F_c \cdot \text{radio} \quad (20) \text{ torque utilizado en la operacion}$$

$$\text{radio} = 3,605$$

$$F_c = 1,368$$

Con base en las ecuaciones mostradas anteriormente se obtienen los siguientes resultados.

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$$F_c = 1,368 \text{ [N]}$$

$$\text{radio} = 3,605 \text{ [m]}$$

$$\text{Torque} = 4,888 \text{ [N-m]}$$

4.6 CÁLCULO DE LA POTENCIA

Para obtener la potencia necesaria del motor se utilizaron los valores obtenidos anteriormente en el torque y la velocidad de corte, utilizando la ecuación numero 21 mostrada a continuación.

Cálculo de la potencia del motor

$$\text{radio} = 3,605 \text{ [m]}$$

$$\text{Pot}_{\text{motor}} = \text{Torque} \cdot \frac{Nt}{9550} \quad (21) \text{ potencia del motor}$$

$$\text{Torque} = F_c \cdot \text{radio}$$

$$Nt = 350 \text{ [rev/m] rpm del eje}$$

Con base en las ecuaciones mostradas se obtuvo el valor de la potencia

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$$F_c = 1,368 \text{ [N]}$$

$$N_t = 350 \text{ [rev/m]}$$

$$\text{Pot}_{\text{motor}} = 0,1807 \text{ [KW]}$$

$$\text{radio} = 3,605 \text{ [m]}$$

4.7 SELECCIÓN DE MOTOR.

Para realizar la selección del motor es necesario conocer los tipos de motores existentes en el mercado como se muestra en el cuadro morfológico (Ver figura 11). Adicional a eso se deben conocer algunos factores importantes como lo son, especificaciones de potencia y velocidad, los valores de voltaje y frecuencia de operación.

Los cálculos de potencia, torque, velocidad se realizaron anteriormente. Para el caso de esta monografía se va a seleccionar un motor eléctrico trifásico y se va a utilizar el catálogo del fabricante de motores eléctricos WEG (Ver anexo A)

Figura 33. Catalogo de motores eléctricos.

W11 Standard IE2 60 Hz

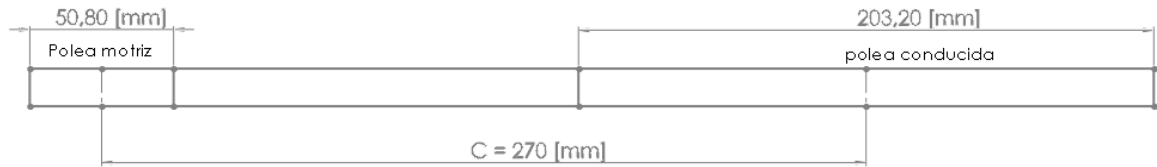
Potencia		Carcasa	Torque nominal Tn (kgfm)	Corriente de arranque Ii/In	Torque de arranque Ti/Tn	Torque máximo Tb/Tn	Momento de inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Masa (kg)	Nivel de ruido dB(A)	Rotación nominal (rpm)	220 V						Corriente nominal In (A)			
kW	HP							% de la potencia nominal					Caliente	Frio	Rendimiento			Factor de potencia				
								50	75						100	50	75	100				
IV Polos																						
0,12	0,16	63	0,068	4,6	2,5	3,1	0,0004	37	81	6,2	48	1725	53,0	60,0	64,0	0,44	0,55	0,64	0,769			
0,18	0,25	63	0,102	4,7	2,4	2,9	0,0006	30	66	7,2	48	1715	57,0	64,0	68,0	0,47	0,59	0,68	1,02			
0,25	0,33	63	0,143	5,0	2,6	3	0,0007	25	55	8,2	48	1705	62,0	68,0	70,0	0,47	0,60	0,69	1,36			
0,37	0,5	71	0,215	4,6	2,4	2,5	0,0007	35	77	8,0	47	1680	68,0	71,0	72,0	0,50	0,63	0,72	1,87			
0,55	0,75	71	0,319	5,1	2,9	2,9	0,0008	31	68	11,5	47	1680	71,0	74,5	75,5	0,50	0,63	0,72	2,66			
0,75	1	80	0,422	8,0	3,4	3,8	0,0030	12	26	18,0	48	1730	77,5	81,0	82,6	0,60	0,72	0,80	2,98			
1,1	1,5	80	0,625	7,0	2,9	2,8	0,0033	11	24	16,0	48	1715	79,0	81,1	81,6	0,57	0,71	0,80	4,42			
1,5	2	90S/L	0,835	7,1	2,2	3	0,0049	11	24	18,5	51	1750	81,0	83,5	84,2	0,57	0,70	0,78	6,00			
2,2	3	90S/L	1,22	7,4	2,8	3,1	0,0074	11	24	25,0	51	1750	86,0	86,5	87,5	0,61	0,74	0,81	8,14			
3	4	100L	1,70	6,7	2,8	3	0,0097	16	35	33,0	54	1720	86,4	87,2	87,5	0,61	0,74	0,81	11,1			
3,7	5	100L	2,10	8,0	3	3	0,0097	12	26	33,0	54	1720	86,5	88,0	88,0	0,58	0,70	0,79	14,0			
4,5	6	112M	2,53	6,8	2,1	2,5	0,0180	13	29	45,0	58	1735	88,0	89,0	89,0	0,63	0,74	0,81	16,4			
5,5	7,5	112M	3,08	8,0	2,4	2,8	0,0180	12	26	46,0	58	1740	88,7	90,0	90,0	0,61	0,73	0,80	20,0			
7,5	10	132S	4,15	7,8	2,6	3,1	0,0491	12	26	65,0	61	1760	90,0	91,0	91,0	0,61	0,74	0,82	26,4			
9,2	12,5	132M	5,09	8,5	2,5	3	0,0563	8	18	75,0	61	1760	90,4	91,0	91,0	0,65	0,77	0,83	32,0			
11	15	132M	6,10	8,8	2,6	3,4	0,0638	8	18	78,0	61	1755	90,5	91,5	91,7	0,67	0,78	0,84	37,5			
15	20	160M/L	8,25	6,7	2,8	2,7	0,1071	20	44	120	66	1770	90,7	92,2	92,4	0,65	0,76	0,80	53,3			
18,5	25	160M/L	10,2	6,5	2,7	2,6	0,1263	18	40	135	66	1765	92,0	92,6	92,6	0,65	0,75	0,81	64,7			
22	30	180M/L	12,2	7,0	2,5	2,6	0,1914	12	26	185	68	1760	92,7	93,0	93,0	0,71	0,80	0,84	73,9			

Se seleccionó un motor W11 – IE2 de eficiencia estándar a 60 Hz siendo esta la frecuencia manejada en Colombia; adicional, se eligió un motor de 0.25 Kw de potencia a 220 [V]. Pues según los cálculos realizados anteriormente, se necesita un motor de 0.1803 kw el cual debe multiplicar por un factor de servicio de 1.2.

4.8 TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Después de estudiar los tipos de transmisión mostrados anteriormente se decide utilizar una transmisión de potencia por correas (Ver el esquema cinemático de la (Figura 34), debido a que son más versátiles, económicas y presentan mayores ventajas frente a otro tipo de transmisión, además de no requerir lubricación para su funcionamiento.

Figura 34. Esquema cinemático de la transmisión



Para calcular la transmisión de potencia es necesario conocer la potencia del proyecto la cual se calcula utilizando un factor de potencia que se extrae de la (Figura 34) suministrada por el fabricante de correas Rexon.

Para obtener la información completa del catálogo suministrado por el fabricante consultar (Anexo B)

Figura 35. Factor de potencia

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tornillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

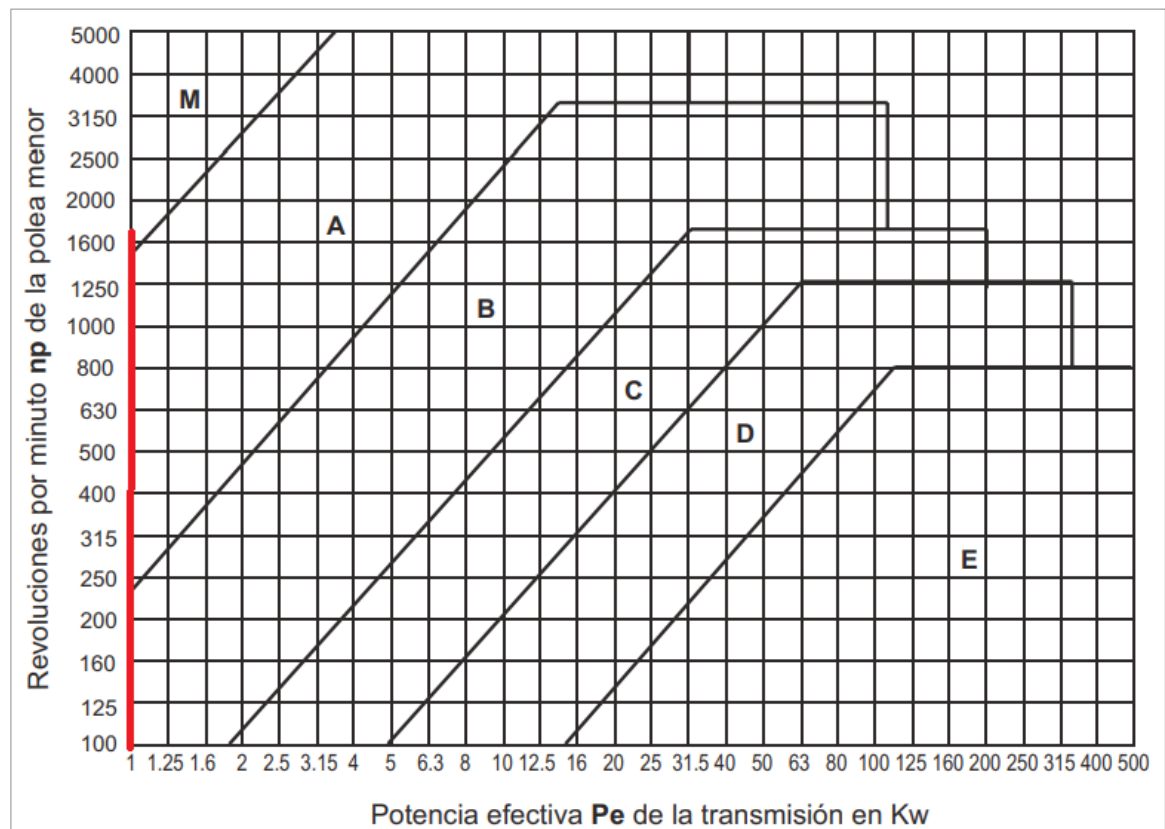
Fuente: REXON. catalogo. consultado el 02 de octubre 2019. [en línea]. Disponible en <https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/2981/ANEXO+K-Manual+Calculo+de+Transmisiones.pdf?sequence=12&fbclid=IwAR1NXspU3Q-W5UX4G4sVvaA6XHG9jqhOwOps8jeXqzemnSB5-z3lfEgEVVE>

Se seleccionó un factor de servicio de 1.2, debido a que la maquina ralladora de queso funciona con un motor eléctrico de corriente alterna con un par de arranque normal y va a trabajar menos de 10 horas diarias, adicional a eso se selecciona una

clase de trabajo similar a la ralladora de queso en este caso se seleccionó la sierra alternativa.

Paso seguido es seleccionar el tipo de correa que se va a utilizar en la transmisión, para eso se utilizó la (Figura 36) mostrada a continuación la cual es suministrada por el fabricante.

Figura 36. Selección tipo de correa



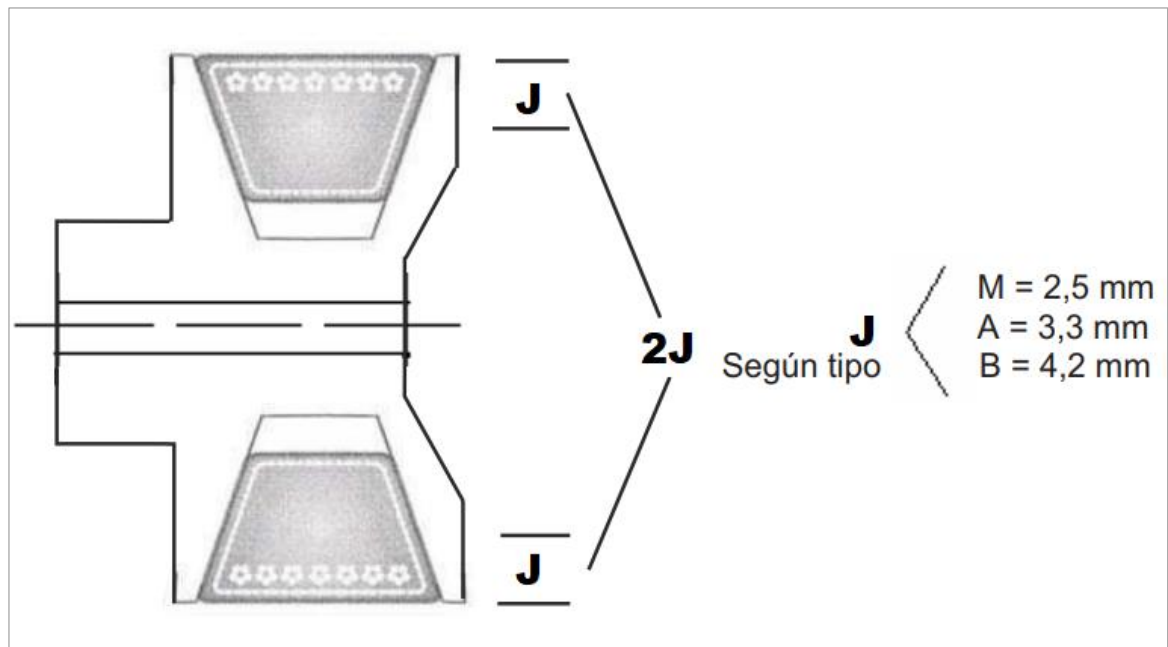
Fuente: Anexo B

Para ingresar a seleccionar el tipo de correa se tiene que conocer los datos de RPM de la polea pequeña y de la potencia efectiva de la transmisión los cuales son 1700 RPM y 0.2498 Kw respectivamente.

A continuación, se procede a seleccionar el diámetro exterior de la polea la cual se eligió una polea estándar de 2 pulgadas con el fin de obtener la reducción de velocidad que deseamos alcanzar.

Basados en el diámetro exterior de la polea pequeña se procede a calcular el diámetro primitivo el cual es el diámetro en que la correa trabaja. Para conocer el diámetro primitivo se debe saber el punto medio de la correa denominado factor “J” el valor del factor cambia dependiendo del tipo de correa. A continuación, en la (Figura 37) se muestra la tabla suministrada por el fabricante para conocer el valor del factor “j”

Figura 37. Valores de J según el tipo de correa



Fuente: Anexo B.

A continuación, se muestran los cálculos respectivos en la transmisión de potencia.

Correas

$$Pot_{proy} = N_s \cdot Pot_{trans} \quad (22) \text{ potencia del proyecto}$$

$$N_s = 1,2 \quad \text{Factor de servicio}$$

$$Pot_{trans} = 0,1792 \quad [\text{kW}] \quad \text{Potencia del motor}$$

$$j = 2,5 \quad [\text{mm}]$$

depende del tipo de correa, en este caso tipo M-catalogo Rexon

$$d_{ext;peqpulg} = 2$$

$$d_{ext;peq} = d_{ext;peqpulg} \cdot 25,4$$

$$d_{polea;peq} = d_{ext;peq} - 2 \cdot j$$

$$rpm_{motor} = 1750 \quad \text{relación de velocidades}$$

$$D_{ext;gra} = D_{polea;gra} + 2 \cdot j$$

$$D_{ext;grapulg} = \frac{D_{ext;gra}}{25,4}$$

$$D_{ext;gra} = 8 \cdot 25,4$$

$$L = \frac{\pi}{2} \cdot (D_{polea;gra} + d_{polea;peq}) + 2 \cdot C + \frac{(D_{polea;gra} - d_{polea;peq})^2}{4 \cdot C}$$

$$L_{pulg} = \frac{L}{25,4} \quad (23) \text{ longitud de la correa en pulgadas}$$

$$C = 270$$

$$C_{min} = (D_{polea;gra} + d_{polea;peq}) \cdot 0,7$$

(24) Distancia mínima entre centros, para evitar deslizamiento, NO puede ser menor

$$\text{Num}_{\text{correas}} = \frac{\text{Pot}_{\text{proy}}}{\text{Pot}_{\text{correa}}}$$

$$\text{Pot}_{\text{correa}} = 0,43$$

Sacada de la tabla de correas M, catalogo Rezon con dpp=56, rpm=2000 y i>=3.0

$$\text{Angulo} = \arctan \left[\frac{D_{\text{polea;gra}} - d_{\text{polea;peq}}}{2 \cdot C} \right]$$

(25) cálculo del angulo de inclinación de la correa

$$\text{Torque}_{\text{poleaA}} = \text{Pot}_{\text{trans}} \cdot \frac{K}{\text{rpm}_{\text{eje}}}$$

(26) Cálculo del torque en la polea

$$K = 9550$$

$$\text{rpm}_{\text{eje}} = 350$$

$$i = \frac{D_{\text{polea;gra}}}{d_{\text{polea;peq}}}$$

$$F_1 - F_2 = 2 \cdot \frac{\text{Torque}_{\text{poleaA}}}{D_{\text{ext;gra}} \cdot 0,001}$$

(27) Fuerzas ejercidas en las correas

$$F_1 = 5 \cdot F_2$$

$$F_{1y} = \cos(\text{Angulo}) \cdot F_1$$

$$F_{2y} = \cos(\text{Angulo}) \cdot F_2$$

$$F_{\text{sumaY}} = F_{1y} + F_{2y}$$

$$F_{1x} = \sin(\text{Angulo}) \cdot F_1$$

$$F_{2x} = \sin(\text{Angulo}) \cdot F_2$$

$$F_{\text{sumaX}} = F_{1x} - F_{2x}$$

Con base en las ecuaciones mostradas anteriormente se obtienen los siguientes resultados.

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

Angulo = 15,76	C = 270	$C_{min} = 170,8$ [mm]	$D_{ext,gra} = 203,2$ [mm]
$D_{ext,grapulg} = 8$ [mm]	$d_{ext,peq} = 50,8$ [mm]	$d_{ext,peqpulg} = 2$	$D_{polea,gra} = 198,2$ [mm]
$d_{polea,peq} = 45,8$ [mm]	$F_1 = 60,16$	$F_{1x} = 16,34$	$F_{1y} = 57,9$
$F_2 = 12,03$	$F_{2x} = 3,268$	$F_{2y} = 11,58$	$F_{sumax} = 13,07$
$F_{sumay} = 69,48$	$i = 4,328$	$j = 2,5$ [mm]	K = 9550
L = 944,8	$L_{pulg} = 37,2$	Num _{correas} = 0,5001 [kW]	$N_s = 1,2$
Pot _{correa} = 0,43	Pot _{proy} = 0,215 [kW]	Pot _{trans} = 0,1792 [kW]	rpm _{eje} = 350
rpm _{motor} = 1750	Torque _{poleaA} = 4,89 [kW]		

De acuerdo con la longitud de correa calculada se requiere una correa tipo M-37. Vr (Figura 38)

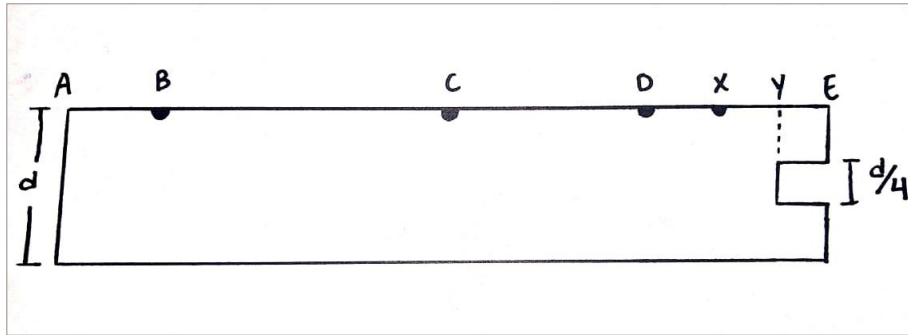
Figura 38. Tipo de correa.



4.9 Cálculo del eje.

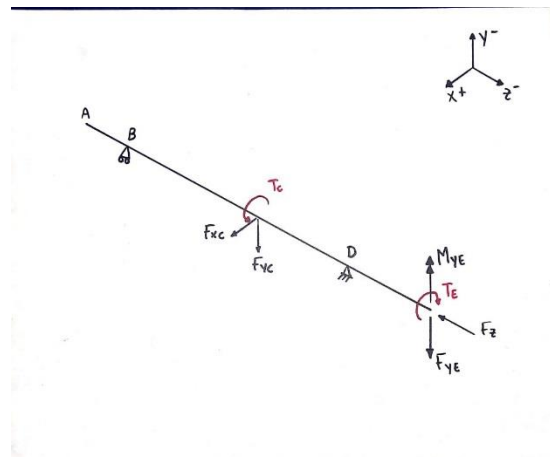
Para realizar los cálculos correspondientes al eje es necesario reconocer la geometría de este el cual se muestra en la (Figura 39)

Figura 39. Geometría del eje.



Se obtiene el diagrama esquemático del eje con sus respectivas fuerzas y soportes.
(Ver figura 40)

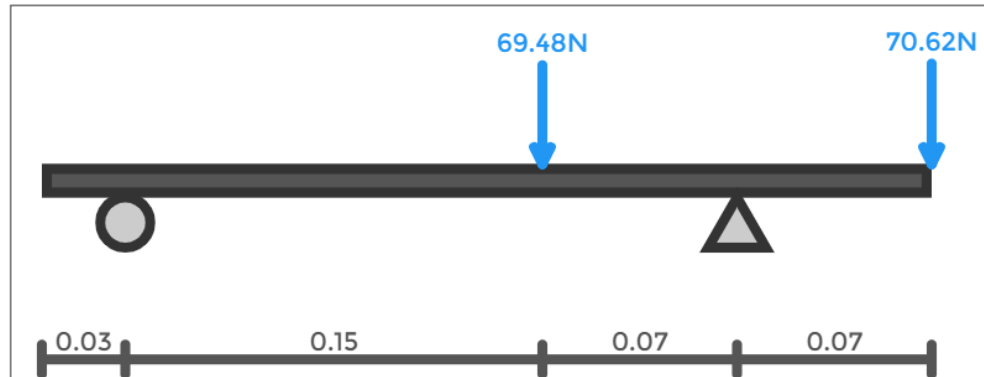
Figura 40. Diagrama esquemático del eje.



A continuación, se procede a realizar sumatoria de fuerzas y momentos en los planos Y-Z y X-Z.

Para el plano Y-Z se tiene la fuerza ejercida por la cuchilla la fuerza ejercida por las poleas y las reacciones de los cojinetes. Cabe aclarar que el cojinete en el punto D genera una reacción axial la cual no se evidencia en el plano Y-Z. En la (Figura 41) se evidencia el diagrama de cuerpo libre para el eje en el plano Y-Z.

Figura 41. DCL del eje plano Y-Z.



Fuente: APRENDER ENGENHARIA. Consultado el 2 de octubre.[En línea]. Disponible en: <https://www.aprenderengenharia.com.br/viga-online>

Con base en el DCL se realizan la sumatoria de fuerzas y momentos respectivos.

calculo eje

Fuerzas en el eje

$$F_{yC} = 69,48$$

$$F_{yE} = 70,62$$

$$F_{xC} = 13,07$$

$$F_{zE} = 120$$

$$M_{yE} = 1,05$$

Distancias

$$AB = 0,03$$

$$BC = 0,15$$

$$CD = 0,07$$

$$DE = 0,07$$

Plano YZ

sumatoria de fuerzas en y

$$B_y + D_y = F_{yC} + F_{yE} \quad (28) \text{ sumatoria de fuerzas en y}$$

sumatoria de momentos en B

$$0 = -F_{yC} \cdot BC + D_y \cdot 0,22 - F_{yE} \cdot 0,29 \quad (29) \text{ sumatoria de momentos en el punto B}$$

Con base en las ecuaciones mostradas anteriormente se obtienen los siguientes resultados.

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$AB = 0,03 \text{ [m]}$ $BC = 0,15 \text{ [m]}$ $B_y = -0,3627 \text{ [N]}$ $CD = 0,07 \text{ [m]}$ $DE = 0,07 \text{ [m]}$
 $D_y = 140,5 \text{ [N]}$ $F_{xC} = 13,07 \text{ [N]}$ $F_{yC} = 69,48 \text{ [N]}$ $F_{yE} = 70,62 \text{ [N]}$ $F_{zE} = 120 \text{ [N]}$
 $M_{yE} = 1,05 \text{ [N.m]}$

A continuación, se muestran los diagramas de fuerza cortante y momento flector obtenidos para el plano Y-Z del eje.

Figura 42. Diagrama de fuerza cortante.

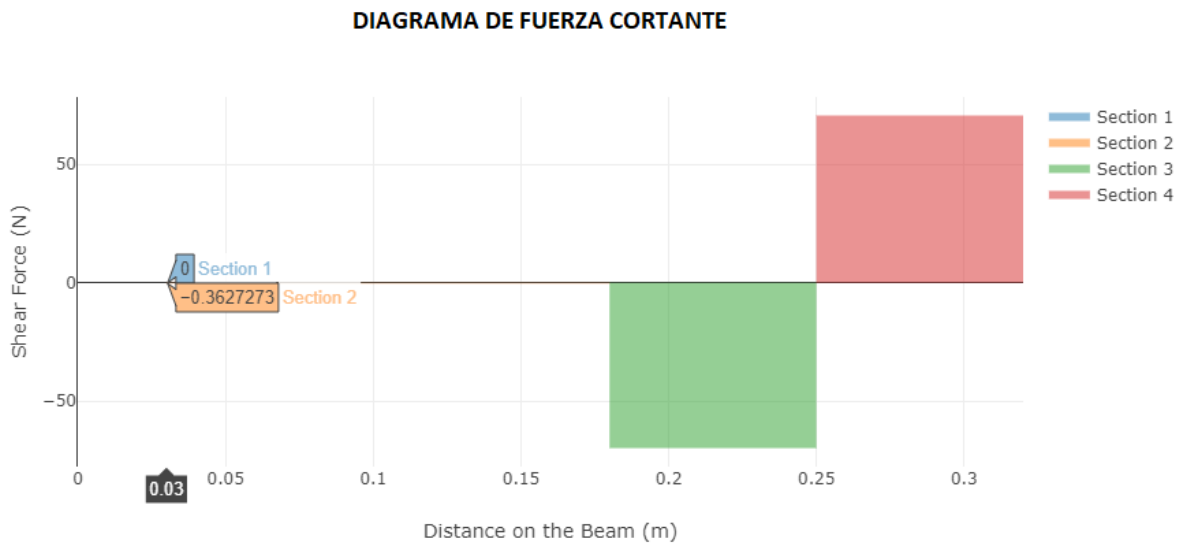
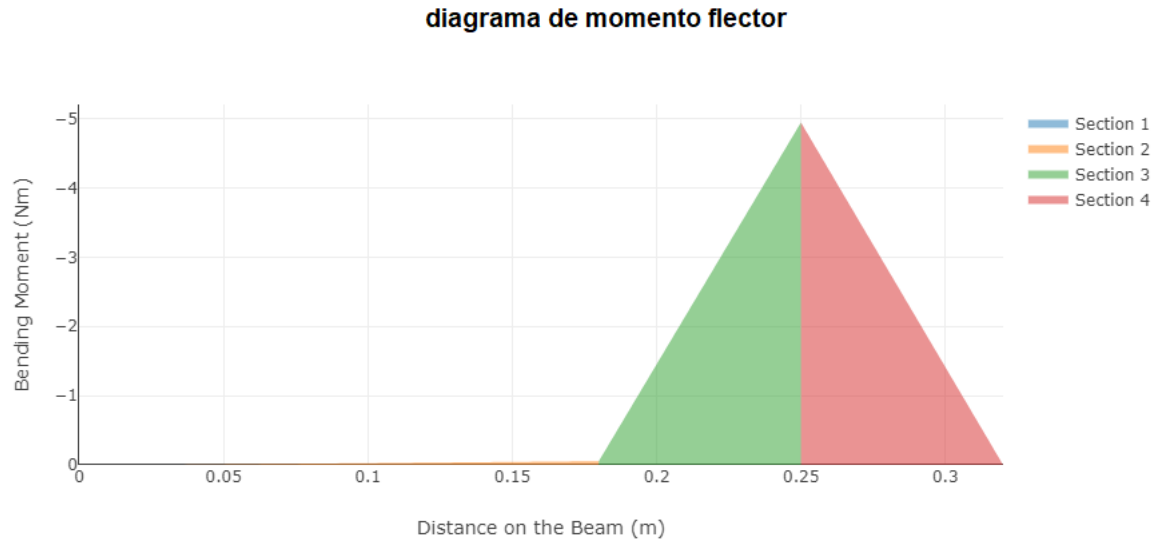
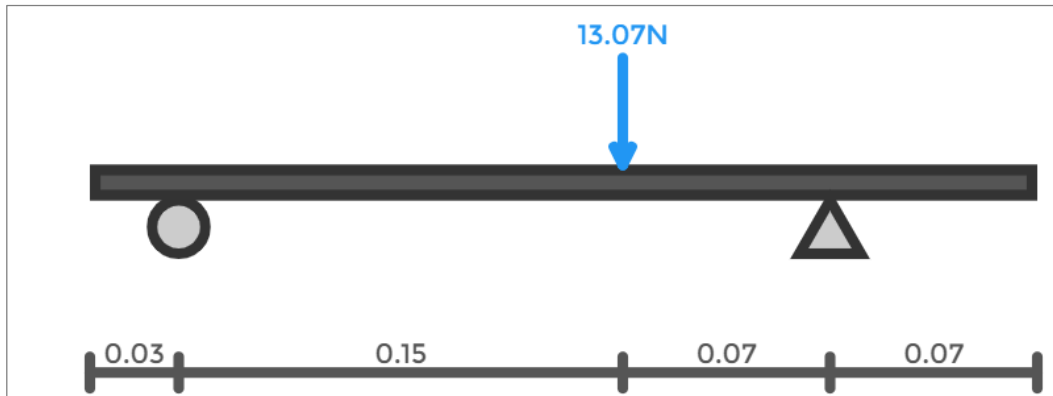


Figura 43. Diagrama de momento flector.



Para el plano X-Z se realizan los mismos cálculos realizados para el plano Y-Z.

Figura 44. DCL del eje en el plano X-Z



En el DCL se observa la fuerza ejercida por la polea y los cojinetes. A continuación, se muestran las sumatorias de fuerza y momentos respectivos.

calculo eje

Fuerzas en el eje

$$F_{yC} = 69,48$$

$$F_{yE} = 70,62$$

$$F_{xC} = 13,07$$

$$F_{zE} = 120$$

$$M_{yE} = 1,05$$

$$7 \text{ [m]}$$

$$DE = 0,07 \text{ [m]}$$

$$1,48 \text{ [N]}$$

$$F_{yE} = 70,62$$

$$2$$

Distancias

$$AB = 0,03$$

$$BC = 0,15$$

$$CD = 0,07$$

$$DE = 0,07$$

$$XY = 0,02$$

$$YE = 0,02$$

PLANO XZ

Sumatoria de fuerzas en Z

$$D_z - F_{zE} = 0 \quad (30) \text{ sumatoria de fuerzas en z}$$

Sumatoria de fuerzas en X

$$B_x + D_x = F_{xC} \quad (31) \text{ sumatoria de fuerzas en x}$$

Sumatoria de momentos en B

$$0 = -F_{xC} \cdot BC + D_x \cdot 0,22 + M_{yE} \quad (32) \text{ sumatoria de momentos en B}$$

A continuación, se muestran los resultados:

Se procede a realizar los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Figura 45. Diagrama de fuerza cortante en el plano X-Z

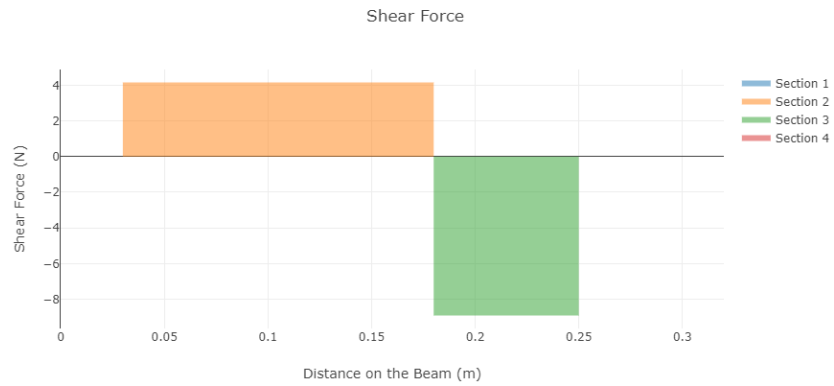
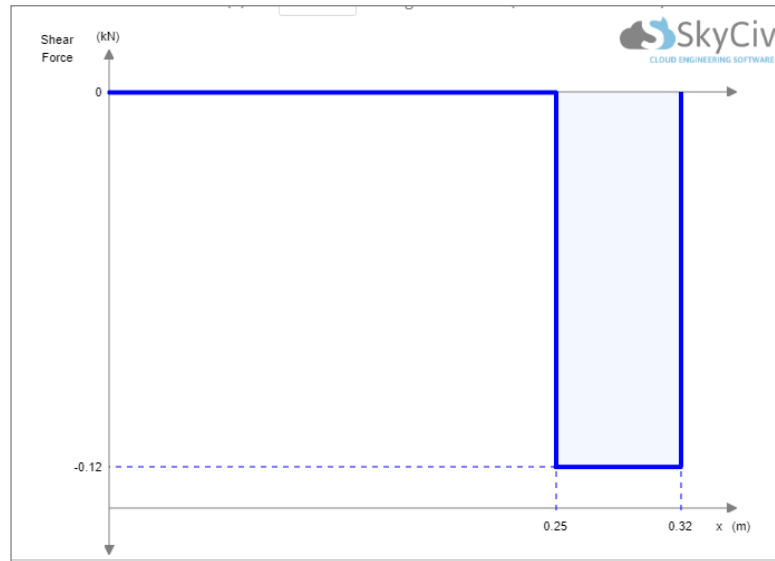


Figura 46. Diagrama de momento flector en el plano X-Z



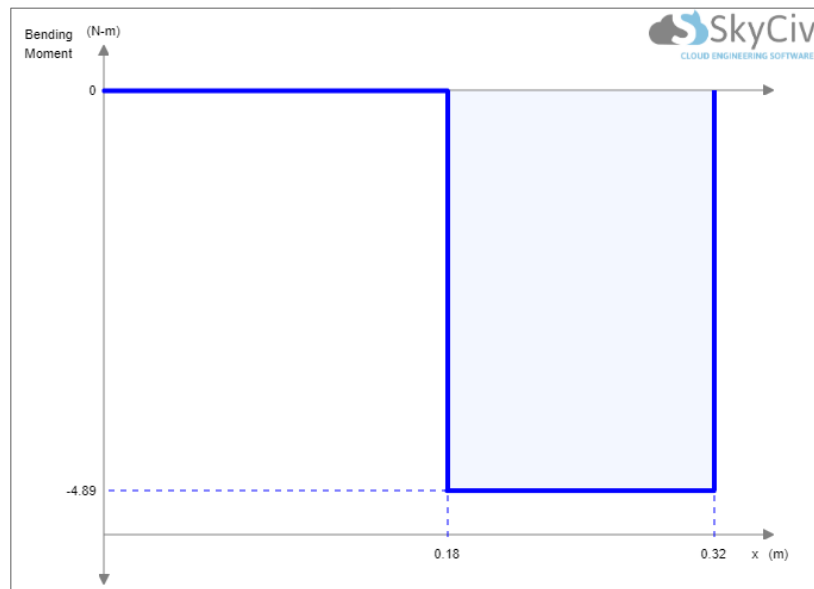
Adicionalmente, se muestran los diagramas de fuerza axial y de torque presentes en el eje.

Figura 47. Diagrama de fuerza axial.



Fuente: SKYCIV.CLOUD engineering software. Consultado el 3 de octubre.[En línea].Disponible en: <https://skyciv.com/es/free-beam-calculator/>

Figura 48. Diagrama de torque.



Fuente: SKYCIV.CLOUD engineering software. Consultado el 3 de octubre.[En línea].Disponible en: <https://skyciv.com/es/free-beam-calculator/>

A continuación, se procede a calcular el diámetro del eje en el punto crítico el cual es el punto D, para entender porque el punto D es el punto crítico. ver los cálculos completos del eje en el (Anexo C).

CALCULO DEL EJE EN SECCIÓN D

$$M_{yzD} = 4,9434$$

$$M_{xzD} = 1,05$$

$$M_{maxD} = (M_{yzD}^2 + M_{xzD}^2)^{0,5}$$

$$T_d = 4,89 \quad \text{Torque en el eje}$$

Calculo para el punto D

$$\sigma_a = (\sigma_{alt}^2 + 3 \cdot Ta_{0alt}^2)^{0,5} \quad (33) \text{ esfuerzo alterno equivalente}$$

$$\sigma_m = (\sigma_m^2 + 3 \cdot Ta_{0m}^2)^{0,5} \quad (34) \text{ esfuerzo medio equivalente}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Su} \quad (35) \text{ factor de seguridad}$$

$$d = 12,52 \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{m}{mm} \right|$$

$$\sigma_{alt} = \frac{32 \cdot k_f \cdot M_{maxD}}{\pi \cdot d^3} \quad (36) \text{ esfuerzo alterno}$$

$$Ta_{0m} = \frac{16 \cdot k_{fs} \cdot T_d}{\pi \cdot d^3} \quad (37) \text{ esfuerzo cortante}$$

$$k_f = 1,675$$

$$k_{fs} = 2,71$$

$$Ta_{0alt} = 0$$

$$\sigma_m = 0$$

$$Se = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot se_p \quad (38) \text{ limite de resistencia a la fatiga.}$$

$$se_p = 2,84 \times 10^8$$

$$k_a = 0,494$$

$$k_b = 1,24 \cdot d^{-0,107}$$

$$k_c = 0,59$$

$$k_d = 1$$

$$k_e = 0,702$$

$$S_u = 5,68 \times 10^8$$

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la dimensión del diámetro.

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

d = 0,01252 [m]	ka = 0,494	kb = 1,981 [m]	kc = 0,59
kd = 1	ke = 0,702	kf = 1,675	kfs = 2,71
M _{maxD} = 5,054	M _{xzD} = 1,05	M _{yzD} = 4,943	n = 3,006
Se = 1,929E+08 [m]	se _p = 2,840E+08	σ _{alt} = 4,393E+07 [1/m ³]	σ _{a,dot} = 4,393E+07
σ _m = 0	σ _{m,dot} = 5,957E+07	Su = 5,680E+08	Tao _{alt} = 0
Tao _m = 3,439E+07 [1/m ³]	T _d = 4,89		

4.10 SELECCIÓN DE COJINETES

Una disposición adecuada de rodamientos no se compone solo de los rodamientos, se debe tener en cuenta diferentes componentes adyacentes como el eje y el soporte, adicional a esto se tiene en cuenta la importancia de la lubricación y protección contra la corrosión para obtener un pleno funcionamiento.

Para iniciar la selección del rodamiento se debe primero seleccionar el tipo de rodamiento que se va a utilizar para eso se utilizó la matriz de la (Figura 49) la cual ofrece una visión general sobre los rodamientos, así como también sus características de diseño y su adecuación para una aplicación determinada.

Figura 49. Tipos de rodamiento

La matriz sólo sirve de orientación aproximada, de modo que es necesario realizar una selección más cualificada en cada caso individual, según la información mostrada en las páginas precedentes o la información detallada en el texto que precede cada sección de tablas. Si se muestran varios diseños de un mismo rodamiento juntos, la información correspondiente se indica mediante la misma letra pequeña utilizada para identificar el diseño individual.

Símbolos
 +++ excelente
 ++ bueno
 + aceptable
 - pobre
 -- inadecuado
 + de simple efecto
 ++ de doble efecto

Tipo de rodamiento	Tipos de rodamientos – diseño y características					Características Rodamientos adecuados para													
	Diseño					carga puramente radial	carga puramente axial	carga combinada	carga de momento	alta velocidad	alta exactitud de giro	alto grado de rigidez	funcionamiento silencioso	baja fricción	compensación de desalineación durante el funcionamiento	compensación de errores de alineación (inicial)	disposiciones de rodamientos fijos	disposiciones de rodamientos libres	desplazamiento axial en el rodamiento
Rodamientos rígidos de bolas		a				+	++	+	++	+++	+++	+	+++	+++	-	-	++	+	---
Rodamientos de bolas con contacto angular, de una hilera						++	++	++	-	++	+++	+	++	++	-	-	++	---	---
de una hilera apareados, de dos hileras		b		a, b	c	++	++	++	+	++	+	+	+	---	---	++	+	---	
de cuatro puntos de contacto						-	++	++	+	++	+	+	+	---	---	++	---	---	
Rodamientos de bolas a rótula						+	-	-	---	+++	++	-	++	+++	+++	++	+	---	
Rodamientos de rodillos cilíndricos, con jaula						++	---	---	---	++	++	++	++	-	-	---	+++	+++	
completamente lleno de rodillos, de una hilera						++	++	++	---	++	++	+	++	-	-	++	++	++	
de una hilera						+++	-	+	---	-	+	+++	-	-	-	+	+	+	
completamente lleno de rodillos, de dos hileras		d		a	b	+++	-	++	+	-	+	+++	-	---	---	++	++	++	
Rodamientos de agujas, con aros de acero		a				++	---	---	---	+	++	+	+	---	---	++	++	++	
conjuntos casquillos de agujas		b, c				++	---	---	---	+	+	++	+	---	---	---	+++	+++	
rodamientos combinados		b, c				+	++	+	-	+	+	++	+	---	---	++	---	---	
Rodamientos de rodillos cónicos						++	++	+++	-	+	+	++	+	-	-	++	---	---	
de una hilera apareados						+++	++	+++	++	+	+	+++	+	---	---	+++	++	---	
Rodamientos de rodillos a rótula						+++	++	+++	---	+	+	++	+	+++	+++	++	+	---	
Rodamientos CARB, con jaula						+++	---	---	---	+	+	++	+	+++	+++	---	+++	+++	
completamente lleno de rodillos						+++	---	---	---	+	+	+++	+	+++	+++	---	+++	+++	
Rodamientos axiales de bolas						---	++	---	---	-	+	-	+	-	-	++	---	---	
con arandela de alojamiento esférica						---	++	---	---	-	+	-	+	-	---	++	---	---	
Rodamientos axiales de agujas						---	++	---	---	-	+	-	+	-	---	++	---	---	
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos						---	++	---	---	-	+	-	+	-	---	++	---	---	
Rodamientos axiales de rodillos a rótula						---	++	+	---	-	+	++	-	+	+++	+++	---	---	

Para efectos de esta monografía se van a seleccionar los rodamientos rígidos de bolas, porque pueden soportar cargas radiales y axiales moderadas, así como también, presentan baja fricción, además, pueden ser elaborados con una alta precisión y con un diseño de funcionamiento silencioso, lo cual hace que este tipo de rodamientos sean los preferidos para montar a motores eléctricos de tamaño pequeño.

Se selecciona el rodamiento de designación RLS 5-2Z, utilizando el programa de selección del fabricante SKF¹⁷, este se puede encontrar en su página web, dicho rodamiento cumple a cabalidad con la capacidad de carga básica y de carga límite a la fatiga (Ver figura 50)

Figura 50. Selección del fabricante SKF

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Capacidades de carga de fatiga		Velocidades nominales		Designación	Designaciones
			dinámica	estática			Velocidad de referencia	Velocidad límite	Bearing	Anillo elástico
d	D	B	C	C ₀	P _u					
mm			kN		kN		r/min			
▲	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
12.7	19.05	3.967	0.52	0.27	0.011	75000	36000	D/W ER1212-2ZS		
12.7	28.575	6.35	4.42	2.36	0.102	60000	36000	D/W R8		
15.875	39.688	11.112	9.56	4.75	0.2	34000	19000	RLS 5-2Z		
15.875	34.925	8.733	4.94	3.15	0.137	40000	20000	D/W R10 R-2Z		
15.875	34.925	8.733	4.94	3.15	0.137	40000	20000	D/W R10-2RZ		
15.875	34.925	8.733	4.94	3.15	0.137		13000	D/W R10-2RS1		
15.875	34.925	7.142	4.94	3.15	0.137	40000	26000	D/W R10		
15.875	46.038	15.875	13.5	6.55	0.275	30000	22000	RMS 5		
15.875	22.225	3.967	0.553	0.32	0.014	63000	32000	D/W ER1458-2ZS		
15.875	39.688	11.112	9.56	4.75	0.2	34000	24000	RLS 5		
15.875	34.925	8.733	4.94	3.15	0.137	40000	20000	D/W R10-2Z		
15.875	39.688	11.112	9.56	4.75	0.2		12000	RLS 5-2RS1		
15.875	22.225	3.967	0.553	0.32	0.014	63000	40000	D/W ER1458		
19.05	47.625	14.288	12.7	6.55	0.28	30000	15000	RLS 6-2Z		

Fuente: SKF. Rodamientos rígidos de bolas.

¹⁷ SKF.Rodamientos rigidos de bolas.consultado el 5 de octubre de 2019. [En línea].Dsiponible en :<https://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html>

Con el fin de corroborar que el rodamiento escogido sea el correcto, se realiza por medio del carolo general de rodamientos, el cual brinda una serie de pasos para conocer la vida nominal, la vida útil y la carga aplicada al rodamiento según su forma.

Para obtener la información completa del catálogo de rodamientos SKF (*Ver anexo D.*)

Para el cálculo de la carga del rodamiento se tienen en cuenta los factores obtenidos de la tabla suministrada por el fabricante, mostrada a continuación.

Figura 51. Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de bolas

Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de bolas				
Rodamientos de una hilera y de dos hileras				
Juego normal				
f_0	F_a/C_0	e	X	Y
0,172		0,19	0,56	2,3
0,345		0,22	0,56	1,99
0,689		0,26	0,56	1,71
1,03		0,28	0,56	1,55
1,38		0,3	0,56	1,45
2,07		0,34	0,56	1,31
3,45		0,38	0,56	1,15
5,17		0,42	0,56	1,04
6,89		0,44	0,56	1

Fuente: Catalogo rodamientos SKF.

Para obtener la vida útil del rodamiento, es necesario conocer ciertos factores que se encuentran suministrados en el catálogo del fabricante (*ver anexo E*). Con base en las ecuaciones suministradas por el fabricante, se realizaron los cálculos

mostrados a continuación con el fin de verificar que el rodamiento escogido sea el correcto.

$$f_a = 0,12$$

$$f_r = 0,008911$$

$$C_a = 4,75$$

$$C = 9,56$$

$$\text{factorp} = 3$$

$$n = 350$$

$$a_1 = 1 \text{ de la tabla 1 del catalogo}$$

$$P_u = 0,2$$

$$d_1 = 12$$

$$d_2 = 21$$

$$v_1 = 95 \text{ de acuerdo a diagrama 5}$$

$$a_{skf} = 2,5 \text{ de acuerdo a diagrama 1 con } k=1 \text{ de acuerdo a la norma ISO 281}$$

$$\text{relacion} = \frac{f_a}{C_a}$$

$$X = 0,56$$

$$Y = 2,3$$

$$P = X \cdot f_r + Y \cdot f_a$$

vida nominal

$$L_{10} = \left[\frac{C}{P} \right]^{\text{factorp}}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot L_{10}$$

vida util

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{skf} \cdot L_{10}$$

$$n_c = \frac{P_u}{P}$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_1 + d_2)$$

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot L_{nm}$$

De acuerdo a las ecuaciones se obtuvieron los siguientes resultados:

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$$a_1 = 1$$

$$C = 9,56 \text{ [kN]}$$

$$d_1 = 12$$

$$d_m = 16,5$$

$$f_a = 0,12 \text{ [kN]}$$

$$L_{10} = 39382 \text{ [millones-de-revoluciones]}$$

$$L_{nm} = 98456 \text{ [millones-de-revoluciones]}$$

$$n = 350$$

$$P = 0,281 \text{ [kN]}$$

$$\text{relacion} = 0,02526 \text{ [kN]}$$

$$X = 0,56$$

$$a_{skf} = 2,5$$

$$C_a = 4,75$$

$$d_2 = 21$$

$$\text{factorp} = 3$$

$$f_r = 0,008911 \text{ [kN]}$$

$$L_{10h} = 1,875E+06 \text{ [horas-de-funcionamiento]}$$

$$L_{nmh} = 4,688E+06 \text{ [horas-de-funcionamiento]}$$

$$n_c = 0,7118 \text{ [1/kN]}$$

$$P_u = 0,2$$

$$v_1 = 95$$

$$Y = 2,3$$

Donde se puede evidenciar que la carga aplicada es menor a la capacidad de carga del rodamiento, además que su vida útil es prolongada.

una vez realizado e ilustrado el proceso de diseño adecuado para la maquina ralladora de queso, es preciso continuar con su construcción, para ello es necesario consultar los planos constructivos correspondiente al diseño CAD realizado en SolidWorks. Consultar *anexo E*.

5.FABRICACIÓN DE LA MAQUINA

5.1. RESEÑA DE LA MAQUINA RALLADORA DE QUESO

La máquina ralladora de queso está conformada por subsistemas, los cuales son explicados a continuación:

- Subsistema de alimentación: Se encuentra conformado por una tolva de acero inoxidable 304 calibre 16 al cual se encuentra anclado un mecanismo de empuje; constituido por un pistón a gas, y por una lámina de acero 304, encargada de realizar el trabajo para empujar el queso. (Figura 52)

Figura 52.subsistema de alimentación



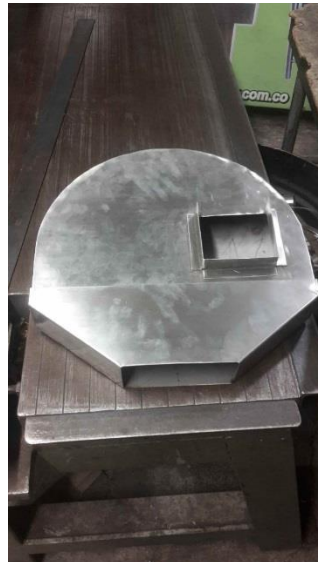
- Sistema de rallado de queso: Está conformado por una lámina de acero inoxidable 304 calibre 22 a la cual se le realizó un proceso de taladrado de doblado y adicional de afilado, sujeta a un refuerzo elaborado de acero 304 con un calibre de 1/8, como se logra evidenciar en la (Figura 53)

Figura 53. Cuchilla ralladora



Adicional a la cuchilla, se encuentra una cubierta que se elaboró mediante una lámina de acero inoxidable 304 calibre 18, en la cubierta se encuentra sujeto el sistema de alimentación.

Figura 54. Cubierta



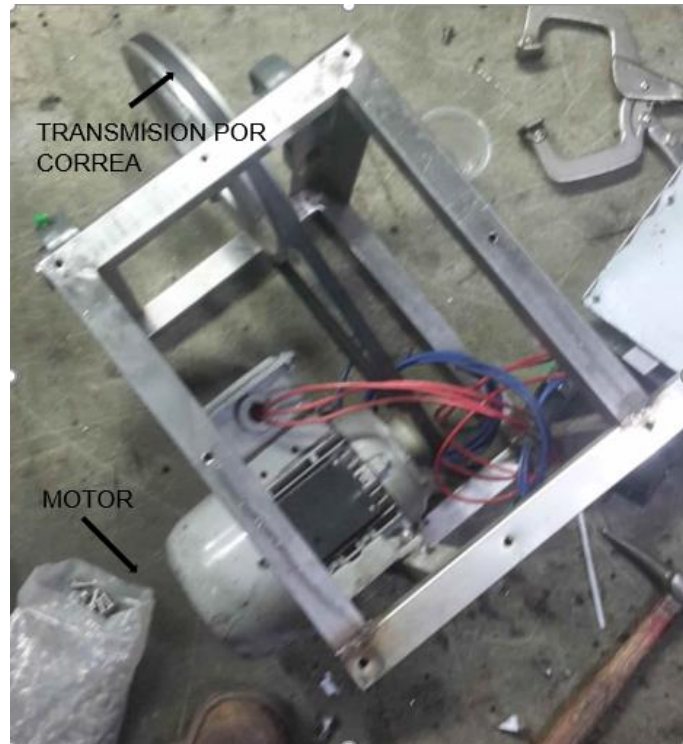
- Subsistema de recolección: Para realizar la recolección del queso se utiliza un contenedor de acero inoxidable (*Figura 55*)

Figura 55. Contenedor recolector



La máquina ralladora de queso cuenta con una alimentación de energía basada en un motor eléctrico trifásico, que funciona a una frecuencia de 60 Hz a una tensión de 220 V y gira a una velocidad angular de 1705 RPM, es por eso que para lograr la velocidad deseada en la máquina se utilizó una transmisión de potencia por correas, siendo la más indicada para las condiciones de trabajo. (Ver figura 56)

Figura 56. Transmisión de potencia y fuente de energía



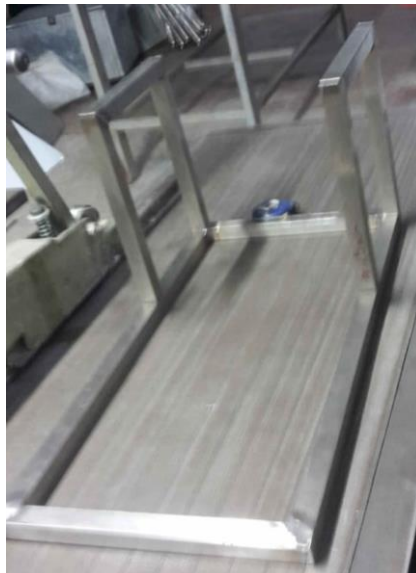
Se configuró un tablero de mando donde se encuentra el controlador del variador de frecuencia que permite variar la velocidad de giro del eje del motor, adicional a eso cuenta con un botón de encendido y apagado y un botón de parada de emergencia.

Figura 57. Tablero de mando



El bastidor de la maquina se encuentra elaborado con tubo cuadrado de una pulgada calibre 18, (Figura 58).

Figura 58. Bastidor de la maquina



Adicional a eso cuenta con 2 subsistemas encargados de sostener el motor y las chumaceras del eje que se elaboró en ángulo de 1 pulgada y $1\frac{1}{2}$ pulgada respectivamente.

Figura 59. Sub bastidor de motor



Figura 60. Sub bastidor del eje



Después de realizar el proceso de construcción se obtuvo como resultado final la máquina que se muestra en la (Figura 61).

Figura 61. Resultado final de la máquina.



5.1.1. Partes y funcionamiento de la máquina.

La máquina está compuesta por diferentes partes las cuales se nombran a continuación.

- Tolva: La tolva es la encargada de recibir el producto a rallar para que posteriormente sea empujado.
- Mecanismo de empuje: El mecanismo de empuje es el encargado de realizar el desplazamiento del queso hacia la cuchilla ralladora.
- Cuchilla ralladora: La cuchilla ralladora es la encargada de procesar el queso para convertirlo en pequeñas partículas.
- Cubierta de rallador: La cubierta de rallador sirve para recolectar el queso en una sola dirección; para su posterior recolección, así como también cumple con la función de brindar seguridad al operario al no dejar expuesta la cuchilla ralladora.
- Contenedor: El contenedor es el encargado de recoger el queso que proviene del sistema de rallado.
- Motor eléctrico: El motor eléctrico es el encargado de brindar la potencia y el torque necesario para el funcionamiento de la máquina.

- Transmisión de potencia: La transmisión de potencia es la encargada de conseguir la velocidad de giro necesaria para la máquina, se conforma de un eje motriz, un eje conducido, un par de poleas y una correa.
- Bastidor: El bastidor de la maquina es la estructura diseñada para soportar todos los subsistemas de la máquina.
- Conexión eléctrica: la conexión eléctrica que se le realizo al motor consta de un variador de frecuencia, de un bombillo piloto de una perilla ON/OFF y de una parada de emergencia conectados como se muestra en la (Figura 62)

Figura 62. Conexión eléctrica



A continuación, en la tabla se enumeran los componentes de la conexión eléctrica.

Tabla 12. Componentes de la conexión eléctrica.

NUMERO	NOMBRE
1	Motor eléctrico 220 v.
2	Variador de frecuencia.
3	Interruptor giratorio ON/OFF.
4	Bombillo led piloto.
5	Interruptor pull up parada de emergencia

El circuito está conectado de tal manera que para funcionar sea activando la muletilla, en ese momento debe prender el piloto, en este orden de ideas lo siguiente es darle 'Start' al variador, además este cuenta con la función "parada de emergencia" en caso de un accidente, mientras esta parada la maquina no funcionará.

5.1.2. Equipos utilizados para la elaboración.

Para la elaboración de la maquina se utilizaron diferentes herramientas, las cuales se van a enunciar a continuación:

Se utilizó una dobladora mecánica de lámina ver (Figura 63) para construir el canal de alimentación, así como también se utilizó para realizar el doblado de la cuchilla, de la cubierta de cuchilla y de la cubierta de la estructura los cuales se realizaron en lámina de acero inoxidable.

Figura 63. Dobladora de maquina



Se utilizó un equipo de soldadura TIG el cual fue necesario para soldar los tubos y construir el bastidor, también fue empleado para soldar las láminas dobladas utilizadas para construir la cubierta de la cuchilla y la cubierta de la estructura.

Figura 64. Equipo de soldadura TIG



- Taladro de árbol: Fue utilizado para elaborar los orificios en la cuchilla ralladora de queso, así como también fue utilizado para elaborar todos los orificios en los soportes del motor del eje.

Figura 65. Taladro de árbol



- Torno: Esta máquina herramienta fue utilizada para maquinarse el eje las poleas utilizadas para la transmisión.

Figura 66. Torno



6. PRUEBAS Y RESULTADOS.

Con el fin de observar el comportamiento que presenta la maquina se realizaron 3 pruebas, las cuales constan de rallar 4 cantidades diferentes de queso a 3 diferentes velocidades y medir el tiempo que tarda la maquina en rallar el queso.

Para obtener la velocidad a la cual gira el eje, teniendo en cuenta que se cuenta con un variador de frecuencia en el motor y una transmisión de potencia con relación de 4.32, se utilizó la siguiente formula.

$$i = 4,32$$

$$\text{frecuencia} = 30$$

$$\text{RPM}_{\text{rallador}} = \frac{\text{RPM}_{\text{motor}}}{i}$$

$$\text{RPM}_{\text{motor}} = \frac{120}{4} \cdot \text{frecuencia}$$

Basados en la frecuencia del variador se realizaron las siguientes pruebas

Tabla 13. Prueba a 250 RPM

RPM=250 f=36 Hz	
CANTIDAD [g]	TIEMPO [seg]
1000	29.34
700	23.11
500	19.75
300	12.43

Tabla 14. Prueba a 350 rpm.

RPM=350 f=50.4 Hz	
CANTIDAD [g]	TIEMPO [seg]
1000	26.72
700	21.15
500	18.12
300	10.55

Tabla 15. Prueba a 400 RPM.

RPM=400 f=57.6 Hz	
CANTIDAD [g]	TIEMPO [seg]
1000	24.35
700	19.71
500	16.50
300	9.61

6.1. Análisis de resultados

Basados en Los ensayos realizados, se analizaron los resultados de la siguiente manera. (Ver tabla 16)

Tabla 16. Producción promedio a diferentes velocidades.

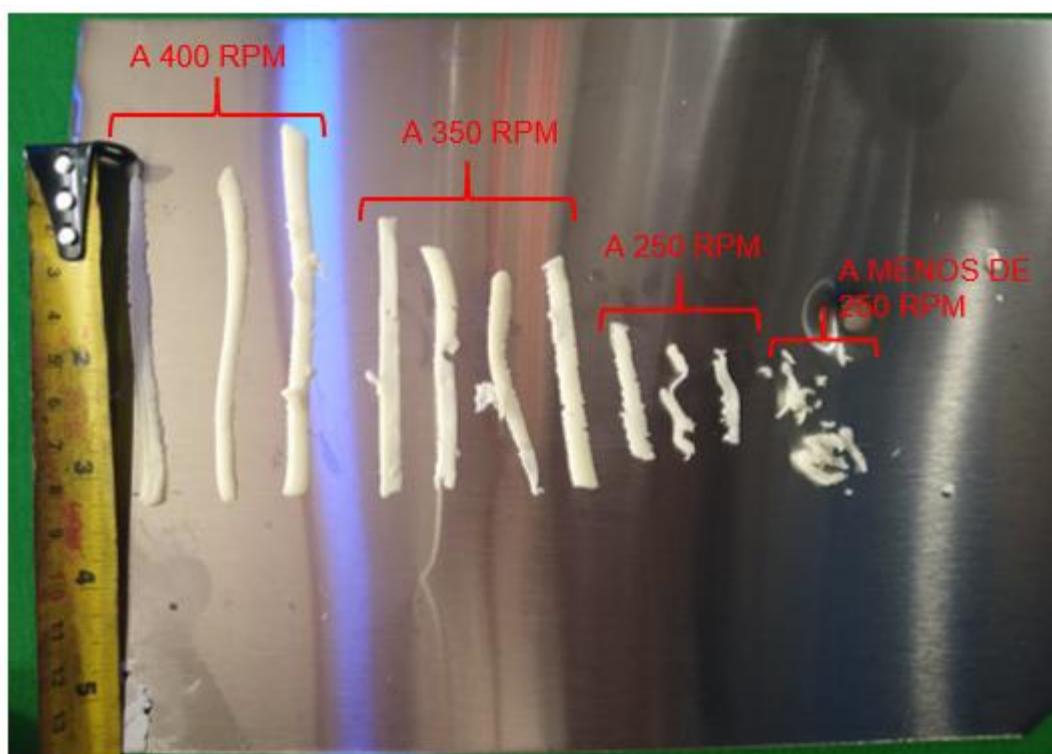
250 RPM	350 RPM	400 RPM
---------	---------	---------

PRODUCCION EN [Kg/h]			
	122,6993865	134,7305	147,8439
	109,043704	119,1489	127,8539
	91,13924051	99,33775	109,0909
	86,88656476	102,3697	112,3829
PRODUCCION PROMEDIO	102,4422239	113,8967	124,2929

La (Tabla 16) muestra una producción promedio a diferentes velocidades basadas en las pruebas realizadas.

Adicional a eso se tomaron muestras de la viruta obtenida a diferentes velocidades. (Ver figura 67).

Figura 67. Viruta de queso obtenido a diferentes velocidades



Como se puede observar en *la (Figura 67)* la viruta de queso obtenido después del proceso cambia su tamaño en cuanto a la velocidad de corte, Se evidencia que a velocidades menores de 250 RPM no realiza un correcto rallado de queso, debido a que la velocidad con la que el queso ingresa a la cuchilla es mayor que su velocidad de giro produciendo así estancamiento.

Como se evidencia en la figura la viruta de queso rallado a 350 RPM corresponde al tamaño de viruta que se tomó como referencia para realizar los cálculos lo cual indica que para ese tamaño de viruta la velocidad de corte optima son 350 RPM tal cual como se obtuvo anteriormente.

7. MANUAL DE USUARIO

A continuación, se enuncian ciertas advertencias generales antes de operar la máquina. Sin embargo, si desea obtener la información completa del manual de uso e instrucciones (*ver anexo F*)

- Mantener las normas de higiene básicas para el contacto con los alimentos (lavar las manos con agua y jabón, además, utilizar guantes de látex).
- Contar con una fuente de energía adecuada para la máquina, así como también una toma a tierra apropiada, para eliminar riesgos de choque eléctrico.
- Revisar que las cubiertas de los elementos móviles de la maquina (cuchilla, eje, poleas, entre otros.) se encuentren ajustadas de manera correcta.
- No manipular los residuos de queso cuando la maquina se encuentre en movimientos, así como tampoco realice trabajos de limpieza con la cuchilla en movimiento, procure tener la maquina desconectada de la fuente de energía.
- Antes de poner en funcionamiento la maquina revise la velocidad a la que desea realizar el rallado y proceda a realizar el inicio del motor mediante el variador de frecuencia.
- No poner ningún objeto sobre la máquina, se recomienda disponer de un espacio adecuado para el correcto funcionamiento de la maquina en su proceso de rallado de queso, así como un también un espacio adecuado para realizar proceso de corte de queso.
- Realizar proceso de limpieza después de cada uso.

8. ANALISIS DE COSTOS

Para la elaboración del análisis de los costos se tuvieron en cuenta dos tipos: los costos tangibles y los intangibles, consolidando finalmente el costo total de la creación de la maquina ralladora de queso, realizada en la actual monografía.

Para la creación de cualquier proceso o maquinaria es indispensable que se integren materiales tangibles y a su vez elementos intangibles; como el caso de la mano de obra. Por lo tanto, dicho precio se genera con valores que van en función del tiempo comprometido en dicha tarea.

Adicionalmente para la realización de los costos tangibles se tuvieron en cuenta los precios en valor presente de los materiales, sin embargo, estos pueden presentar variaciones, puesto que estos tienen relación directa con la fluctuación del mercado.

Por otro lado, los costos intangibles en la sección de tiempo dedicado en horas, se tuvieron en cuenta el total de horas dedicadas para la construcción de la maquina ralladora de queso de los dos autores de la monografía. Además, el valor por hora se tomó de acuerdo al salario mínimo legal vigente establecido por la ley, ochocientos veintiocho mil dieciséis pesos (828.116), y a su vez se tomó como referencia el valor por hora según la jornada ordinaria diurna, siendo tres mil cuatrocientos cincuenta pesos (3.450). Cabe resaltar que los dos valores se encuentran exentos del auxilio de transporte.

A continuación, se muestra los costos discriminados según las necesidades establecidas en el actual proyecto y a su vez el costo total del proyecto.

Tabla 17. Costos tangibles

COSTOS TANGIBLES		
ITEM	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	TOTAL
1	MATERIAL DE ACERO INOXIDABLE	\$ 350.000
2	FRAGMENTO ELÉCTRICO	\$ 60.000
3	MOTOR + VARIADOR	\$ 700.000
4	POLEAS	\$ 55.000
5	CORREA	\$ 9.000
6	CHUMACERAS	\$ 36.000
7	COSTO DE MONTAJE	\$ 400.000
TOTAL DE LOS COSTOS TANGIBLES		\$ 1.610.000

Tabla 18. Costos intangibles

COSTOS INTANGIBLES				
CARGO	NOMBRE	TIEMPO DEDICADO EN HORAS	VALOR HORA	TOTAL
AUTOR DE LA MONOGRAFIA	FERNANDO HERRERA	147	\$ 3.450	\$ 507.150
AUTOR DE LA MONOGRAFIA	EDGAR VELANDIA	147	\$ 3.450	\$ 507.150
TOTAL DE LOS COSTOS INTANGIBLES				\$ 1.014.300

Tabla 19. Costos totales del proyecto

COSTOS TOTALES DEL PROYECTO		
ITEM	TIPO DE COSTO	TOTAL
1	TOTAL DE COSTOS TANGIBLES	\$ 1.610.000
2	TOTAL DE COSTOS INTANGIBLES	\$ 1.014.300
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		\$ 2.624.300

Para finalizar, se identifican los beneficios económicos de las industrias en la compra nacional de la máquina, en relación con los costos que acarrea la importación de la misma. Tal como se logró observar en la sección 1.7, los costos

asociados a la importación de la maquina ralladora de queso son aproximadamente de 432 USD sumándole a esto el costo de la máquina que fluctúa entre 450 a 800 USD. Por otro lado, la compra nacional en dólares sería de 761 USD.

Se concluye que para las industrias comprar la maquina nacional, es decir a los creadores del actual proyecto les genera mucho más beneficio en términos económicos, puesto que, existe una diferencia en costos nacionales e internacionales, además de las demoras que acarrearía la entrega por los temas de importación a diferencia de la entrega nacional que sería casi inmediata.

La consolidación de la industria en el mercado nacional le permitirá a la empresa catalogarse como una líder en máquinas industriales que a largo plazo le puede generar beneficios internacionales, logrando competir en precios, no solo nacionales; sino también internacionales.

9. CONCLUSIONES

Se logró evidenciar que el sector alimenticio se consolida como un pilar en la vida de los seres humanos, sin embargo, a pesar de dicha relevancia este sector se encuentra rezagado en términos de tecnificación, puesto que son escasos los restaurantes que introducen máquinas que les permita agilizar los procesos de fabricación y ensamble de alimentos.

Considerando dicha problemática se formuló la actual investigación, donde se logró cumplir el objetivo referente al diseño y construcción de una maquina ralladora de queso; teniendo en cuenta una serie de puntos cardinales que forjaron un excelente funcionamiento de dicha herramienta.

La máquina posee unas características producto de una exhaustiva recolección de información, donde se captó la necesaria para que se consolidara un producto con altos estándares de calidad y desempeño, entre estos tenemos que dicha herramienta cuenta con una capacidad para rallar de 113 kg/hora teóricamente, por lo que se puede estimar que su producción es de un poco menos debido a que se tiene que tener en cuenta los tiempos muertos que corresponden al corte del queso y al tiempo gastado en realizar el retroceso del mecanismo, así como la ubicación del queso sobre el mismo. Se pudo concluir que la producción promedio a cualquier velocidad supera la producción propuesta en los objetivos.

La máquina cuenta con un variador de frecuencia que le permite variar la frecuencia de giro del eje del motor con el fin de acondicionar la velocidad de corte necesaria. Adicionalmente sus características físicas se desarrollaron de la siguiente manera; 75.28 cm de longitud, 40.0 cm de ancho, altura con manubrio de 80.68 cm, cubierta del rallador de 56 cm y, por último, la maquina se forjó con una capacidad de almacenamiento en el canal de alimentación de 1250 gramos.

Al introducir la materia prima “el queso” en la máquina con el fin de generar la transformación, esta tiene contacto directo con la tolva de alimentación, cuchilla,

cubiertas, bastidor y contenedor de queso. El material escogido para la fabricación de las partes fue el acero inoxidable 304, puesto que este cumple a cabalidad con los requisitos decretados en la norma que se rige en Colombia.

Mediante los cálculos realizados se pudo concluir que no era estrictamente necesario utilizar un motor de 1 caballo de fuerza como inicialmente fue planteado en los objetivos, por lo tanto, se generó una variación en dicho punto, utilizando finalmente un motor de 1/3 de caballo de fuerza, argumentando que este cumple con las condiciones óptimas para ejecutar el trabajo requerido.

Gracias a la construcción de pruebas, donde se tomaron varios puntos de referencia teniendo en cuenta diferentes velocidades de funcionamiento, se logró concluir que si la velocidad definida es demasiado baja; se produce embotellamiento en la alimentación del queso, causando como efecto que este no se ralle bien. La falta de información basada en el diseño y construcción de máquinas ralladoras de queso, da pie para que este proyecto sirva como punto de referencia para futuros diseños, apoyados en el proceso de rallado.

Por otro lado, se realizó un manual básico de operación de la máquina, con el fin de brindar información elemental para operar la máquina, adicionalmente, se brindan ciertas recomendaciones las cuales se encuentran a continuación.

10.RECOMENDACIONES

Se recomienda a los dueños de restaurantes direccionados a la generación de comidas rápidas, donde el queso es un componente esencial para su producción, que introduzcan la maquina ralladora de queso diseñada y ejecutada en el actual proyecto, con el fin de mitigar en primer lugar problemáticas referentes a enfermedades degenerativas de sus trabajadores; producto de los movimientos constantes que deben realizar; para convertir el queso en pequeñas partículas.

En este orden de ideas, esta herramienta es fundamental para que la industria se consolide en el mercado de los alimentos, siendo pionera en la satisfacción de necesidades de los clientes y se catalogue como una empresa líder en brindar servicios diferenciados, gracias a la agilidad con que brindan sus servicios.

es indispensable que antes de realizar cualquier maniobra con la maquina se lean detenidamente y se acaten todas las instrucciones generadas en el manual de uso desarrollado y que acompaña la maquina ralladora de queso. (Ver anexo)

Teniendo en cuenta las pautas generadas en el manual de uso, es trascendental asegurarse que la maquina esté conectada a una fuente de energía adecuada, además, que la velocidad de trabajo en la que este programada la herramienta sea la correcta para su funcionamiento. En caso de que se llegue a detectar deficiencias en su procesamiento no maniobrar con ella, es importante ponerse en contacto con su distribuidor para que se haga efectiva su garantía.

Adicionalmente, Cuando se vaya a introducir la materia prima es decir “el queso” es importante que este se encuentre a una temperatura de 3 a 5 grados centígrados para un óptimo proceso de rallado.

BIBLIOGRAFÍA

- AGROINDUSTRIA. Nutrición y educación alimentaria. Ficha 38. Quesos, concentración de nutrientes. [En línea]. (Recuperado el 22 de mayo de 2019). Disponible en: https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/escuelagro/_archivos//000010_Alimentos/000000_Educacion%20Alimentaria/000000_Ficha%20Quesos.pdf.
- AINIA, calidad y seguridad alimentaria. Artículo sobre los productos semielaborados revolucionan la restauración [en línea]. (Consultado el 13 de marzo de 2019). Disponible en: <https://www.ainia.es/noticias/seguridad-alimentaria/los-productos-semielaborados-revolucionan-la-restauracion/>
- APRENDER ENGENHARIA. Consultado el 2 de octubre.[En línea]. Disponible en: <https://www.aprenderengenharia.com.br/viga-online>
- CEIM (Confederación empresarial de Madrid). La innovación: un factor clave para la competitividad de las empresas (2000). Departamento de innovación y nuevas tecnologías. Dirección general de investigación consejería de educación. Madrid.
- COLOMBIA.COM, top 10 de hellofood [en línea] sección tecnología, (Consultado:13/03/2018). Disponible en:<http://www.colombia.com/tecnologia/informatica/sdi/88598/top-10-de-hellofood>.
- CRUZ, Jésica. Elaboración de queso mozzarella con diferentes porcentajes de grasa en la leche de vaca. Universidad EARTH. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/6327637/elaboracion_de_queso_mozzarella_con_diferentes_porcentajes_de_grasa_en_la_leche_de_vaca.
- DISTRIBUIDORA JIRÓN, productos, Rallador de queso cuatro lados [En línea].(Recuperado el 15 de abril de 2019).disponible en:

<http://distribuidorajiron.com.ni/es/empresas-hoteles-rest/2273-rallador-de-queso-4-lados.html>

- ESHOPEX. Información general , [En línea].Sección tarifas Colombia .(Consultado el 10 de mayo de 2019).Disponible en: <https://www.eshopex.com/co/tarifas/informacion-de-colombia/>
- FERNÁNDEZ, Peña. S.f. Estrategia de innovación como factor determinante del éxito de las cooperativas vitivinícolas de castilla la mancha. [En línea]. (Consultado el 10 de abril de 2019). Disponible en: <http://webs.ucm.es/info/revesco/txt/REVESCO%20N%2098.3%20Maria%20Valle%20FERNANDEZ,%20Isidro%20PENA.htm>
- GROOVER, Mikell. Fundamentos de la manufactura moderna Tercera edición, editorial: Mc Graw Hill.
- IMD, Doing Business, FEM. Citado por el informe de balance 2017 y perspectivas 2018[en línea], realizado por la Andi.(Recuperado el 18 de abril de 2019).disponible en: <http://www.andi.com.co/Uploads/ANDIBalance2017Perspectivas%202018.pdf>
- OSORIO, Juan. CIRO, Héctor & MEJIA, Luis. Caracterización reológica y textual del queso EDAM.[En línea].(Recuperado el 22 de mayo de 2019).Disponible en:<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v72n147/a04v72n147.pdf>
- QUESO MOZZARELLA. Consultado 1 de octubre de 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com/search?q=QUESO+MOZZARELLA&client=opera&hs=PA2&sxsrf=ACYBGNTqPzMTVqalQPedEFrRIBpi4vPENA:1571371908988&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjwwcfD-KTIAhVGqIkKHd8ICgIQ_AUIESgB&biw=1205&bih=569#imgrc=pUSG9FDXDlp8PM
- RAMIREZ, Juan Sebastián. Propiedades funcionales de los quesos. Universidad del valle. Escuela de ingeniería de alimentos. [En línea].

(Recuperado el 22 de mayo de 2019). Disponible en: https://www.academia.edu/28352668/Propiedades_funcionales_de_los_que_sos.

- REVISTA DINERO, 2018. El negocio de la comida se reinventa en Colombia tras un mal 2017" [en línea]. Sección consumo. (Recuperado el 10 de diciembre de 2018). Disponible en: <https://www.dinero.com/edicion-impres/negocios/articulo/como-van-los-restaurantes-en-colombia-2018/255322>.
- REXON. catalogo. consultado el 02 de octubre 2019. [en línea]. Disponible en <https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/2981/ANEXO+K->
<https://admin.masmovilcol.com/web/dashresel.php?comprasManual+Calculo+de+Transmisiones.pdf?sequence=12&fbclid=IwAR1NXspU3Q-W5UX4G4sVvaA6XHG9jqhOwOps8jeXqzemnSB5-z3lfEgEVVE>
- SCHUMPETER, Joseph A. (1946): Capitalismo, socialismo y democracia. Buenos Aires: Editorial Claridad.
- SKF. Rodamientos rígidos de bolas. consultado el 5 de octubre de 2019. [En línea]. Disponible en :<https://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html>
- SKYCIV.CLOUD engineering software. Consultado el 3 de octubre. [En línea]. Disponible en: <https://skyciv.com/es/free-beam-calculator/>
- Torsion Geometry of Cheese tunick 2002
- VENTUS, línea complementarios, características rallador de queso, (Recuperado el 15 de abril de 2019). Disponible en: <https://ventuscorp.cl/shop/productos/linea-complementarios/rallador-queso/rallador-de-quesos-rda-22/>.

