

**IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO RAMS EN EL MONTAJE DE UN  
SISTEMA MECÁNICO AUTOMATIZADO, PARA LA INSPECCIÓN DE TAPA  
DEFECTUOSA POR MEDIO DE VISIÓN ARTIFICIAL EN CERVECERÍA  
BAVARIA TOCANCIPA.**

**DIEGO ALEXÁNDER LOVERA BELLO**

**UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SANTA FÉ DE BOGOTÁ  
2015**

**IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO RAMS EN EL MONTAJE DE UN  
SISTEMA MECÁNICO AUTOMATIZADO, PARA LA INSPECCIÓN DE TAPA  
DEFECTUOSA POR MEDIO DE VISIÓN ARTIFICIAL EN CERVECERÍA  
BAVARIA TOCANCIPA.**

**DIEGO ALEXÁNDER LOVERA BELLO**

**Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico**

**Director  
JORGE RENÉ SILVA LARROTTA  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SANTA FÉ DE BOGOTÁ  
2015**



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
PROYECTO FINAL**



**ESTUDIANTE:** LOVERA BELLO DIEGO ALEXANDER

**CÓDIGO:** 065082005

**TELÉFONO:** 3124883751

**CORREO ELECTRÓNICO:** [Diegoa.loverab@unilibrebog.edu.co](mailto:Diegoa.loverab@unilibrebog.edu.co)

**IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO RAMS EN EL MONTAJE DE UN SISTEMA MECÁNICO AUTOMATIZADO, PARA LA INSPECCIÓN DE TAPA DEFECTUOSA POR MEDIO DE VISIÓN ARTIFICIAL EN CERVECERÍA BAVARIA TOCANCIPA.**

**DIRECTOR:** Jorge René Silva Larrotta

**PROFESIÓN:** Ingeniero Mecánico

**OFICINA:** Profesores Ing. Mecánica

**CORREO ELECTRÓNICO:** [jorenesilva@gmail.com](mailto:jorenesilva@gmail.com)

---

**ESTUDIANTE**

---

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	10
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
1.1 IDENTIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3 OBJETIVOS .....	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
2. MARCO REFERENCIAL .....	15
2.1 MARCO TEORICO .....	15
2.1.1 Proceso de manufactura de la tapa corona .....	15
2.1.2 Capacidad de producción .....	15
2.1.3 Componentes de la tapa corona. ....	15
2.1.4 Defectología de la tapa corona.....	16
2.1.5 Aspectos de calidad en fábrica de tapas.....	18
2.1.6 ¿Qué es un sistema de visión artificial? .....	19
2.1.7 Funcionamientos del sistema de visión.....	19
2.1.8 Componentes de un sistema de visión artificial .....	19
2.1.9 Configuración del sistema de visión .....	22
2.1.10 Sistema de visión CVS3000 .....	22
2.1.11 ¿Cómo funciona la inspección Sacmi? .....	23
2.1.12 Sistema de visión en el sector industrial .....	23
2.1.13 Beneficios de los sistemas de visión .....	24
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	24
2.3 ESTADO DEL ARTE.....	26
2.4 MARCO NORMATIVO.....	29
3. DISEÑO METODOLÓGICO .....	31
3.1 CLASE DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.2 ESQUEMA GENERAL DEL DISEÑO METODOLÓGICO .....	31
4. DESARROLLO DEL SISTEMA MECÁNICO- AUTOMATIZADO .....	36

4.1 EVALUACIÓN DE MECANISMOS EXISTENTES EN LÍNEA DE REVISIÓN ACTUAL .....	36
4.2 CARACTERÍSTICAS Y CONSIDERACIONES PARA EL PROTOTIPO A DESARROLLAR .....	38
4.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	39
4.3.1 Alternativa 1 .....	40
4.3.2 Alternativa 2 .....	41
4.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ADECUADA. ....	42
4.5 DISEÑO DEL SISTEMA .....	44
4.5.1 Fase 1 Trasmisión de potencia .....	45
4.5.2 Fase 2 Distribución de componentes (2 cámaras en estrella y estructura) .....	51
4.5.3 Fase 3 Distancia y esquema general, planos y modificaciones a instalaciones.....	55
4.5.4 Simulación de la transmisión de potencia en ANSYS WORKBENCH 14.5 .....	58
4.5.5 Condiciones técnicas para los servicios requeridos .....	67
5. EVALUACIÓN DE COSTOS .....	72
5.1 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO .....	74
5.2 CRONOGRAMA.....	77
6. CAPACITACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	79
6.1 MANUAL DE OPERACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	79
6.1.1 Características de utilización .....	82
6.1.2 Dimensiones .....	82
6.1.3 Operación.....	83
6.1.4 Arranque .....	83
6.1.5 Parada.....	83
6.1.6 Limpieza.....	84
6.1.7 Solución de problemas .....	84
6.1.8 Análisis RAMS .....	85
6.2 PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN (AMEF) .....	88
7. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (RAMS) APLICADA A LA EMPRESA....	90
7.1 PLANEACIÓN E INGENIERÍA .....	92
7.2 PROJECT CHARTER (CARTA DEL PROYECTO) .....	92
7.3 ROLES Y RESPONSABILIDADES .....	95

7.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO BASADO EN CALIDAD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE .....	97
7.5 LICITACIONES .....	100
8. CONCLUSIONES .....	101
BIBLIOGRAFÍA .....	103

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad de máquinas en el proceso de tapa corona .....	15
Tabla 2. Caracterización de defectos críticos .....	16
Tabla 3. Caracterización de defectos mayores .....	17
Tabla 4. Caracterización de defectos menores, Aspectos de calidad en fábrica de tapas.	17
Tabla 5. Cajas a revisar según tamaño de lote .....	18
Tabla 6. Cantidades admisibles dadas por calidad para cada tipo de defecto .....	19
Tabla 7. Configuración del sistema de visión .....	22
Tabla 8. Esquema general del diseño metodológico .....	31
Tabla 9. Protocolo de pruebas en campo a máquina existente .....	37
Tabla 10. Configuración principal de sistema revisor .....	39
Tabla 11. Ficha técnica del acero suministrada por SUMITEC .....	46
Tabla 12. Propiedades mecánicas del material .....	62
Tabla 13. Flujo de efectivo anual aproximado.....	75
Tabla 14. Variables de referencia para el escenario 1 .....	75
Tabla 15. Solución para el escenario 1 .....	76
Tabla 16. Variables de referencia para el escenario 2.....	76
Tabla 17. Variables de referencia para el escenario 3.....	77
Tabla 18. Solución de problemas .....	84
Tabla 19. Contexto operacional.....	86
Tabla 20. Información sobre el Project chárter .....	92
Tabla 21. Personas participantes en el diagrama organizacional del proyecto .....	96
Tabla 22. Recursos humanos con los que cuenta el proyecto .....	97
Tabla 23. Evaluación preliminar del riesgo .....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de porcentaje de defectos originados en servicio, encontrados en el inventario actual de (PNC).....	12
Figura 2. Esquema del proceso de revisión (actual) y decisiones por el área (calidad) en fábrica de tapas cervecería Bavaria .....	12
Figura 3 Esquema sobre la implementación de línea de revisión automatizada. ....	14
Figura 4. Etapas de un sistema de visión artificial .....	19
Figura 5. Configuración de sistema de visión artificial SACMI .....	22
Figura 6. Esquema principal línea revisora actual. ....	36
Figura 7. Estructura principal de revisión fábrica de tapas .....	37
Figura 8. Distribución de componentes en ensambladora SACMI .....	40
Figura 9. Ensamble principal sistema de revisión .....	41
Figura 10. Bajante y orientador SACMI.....	41
Figura 11. Orientador marca KRONNES.....	42
Figura 12. Configuración del sistema revisor con el orientador KRONNES .....	42
Figura 13. Transportador de tapa tipo magnético. ....	43
Figura 14. Modificación a estructura actual.....	44
Figura 15. Ensamble ejes y piñón cónico para generar la transmisión de potencia .....	45
Figura 16. Ficha técnica motorreductor escogido. ....	46
Figura 17. Dimensiones y tolerancias eje1 .....	47
Figura 18. Dimensiones y tolerancias eje2 .....	48
Figura 19. Piñón mecanizado para la transmisión de potencia del eje1 y al eje 2.....	48
Figura 20. Ficha técnica de rodamiento 6205zz .....	49
Figura 21. Ficha técnica de rodamiento 6008zz .....	49
Figura 22. Ficha técnica rodamiento cónico 30208 .....	49
Figura 23. Dimensiones y tolerancias del housing (Diseñado).....	50
Figura 24. Ensamble principal ejes, housing, rodamientos y piñones.....	50
Figura 25. Ensamble plato, estrella y caja magnética.....	51
Figura 26. Plano de estrella diseñado .....	52
Figura 27. Plano del riel diseñado .....	52
Figura 28. Primer diseño de plato soporte de estrella .....	53
Figura 29. Plano general disco soporte de estrella (diseño final).....	54
Figura 30. Representación gráfica del desplazamiento de la tapa desde la centrifuga hasta la estrella de transporte. ....	54
Figura 31. Plano de caja imantada.....	55
Figura 32. Banda transportadora, ensamble general,.....	56
Figura 33. Plano polea diseñada .....	57
Figura 34. Plano rodillo diseñado .....	57
Figura 35. Planos de cámara superior con los soportes diseñados .....	58
Figura 36. Planos de cámara inferior con los soportes diseñados .....	58

Figura 37. Ventana ANSYS, modo estructural.....	59
Figura 38. Ventana ANSYS, datos de ingeniería.....	59
Figura 39. Ventana ANSYS, importación de datos.....	60
Figura 40. Ventana ANSYS, selección de caras.....	60
Figura 41. Ventana ANSYS, enmallado.....	60
Figura 42. Ventana ANSYS, posicionamiento de fuerzas.....	61
Figura 43. Ventana ANSYS, procedimiento de solución.....	61
Figura 44. Ventana ANSYS, posicionamiento de fuerzas eje 1.....	62
Figura 45. Ventana ANSYS, deformación total eje 1.....	63
Figura 46. Ventana ANSYS, esfuerzo total eje 1.....	63
Figura 47. Ventana ANSYS, posicionamiento de fuerzas eje 2.....	64
Figura 48. Ventana ANSYS, deformación total eje 2.....	64
Figura 49. Ventana ANSYS, esfuerzo total eje 2.....	65
Figura 50. Fuerzas actuantes en un piñón cónico-recto.....	65
Figura 51. Ventana ANSYS, Aplicación de fuerzas actuantes en diente.....	66
Figura 52. Ventana ANSYS, deformación total piñón.....	66
Figura 53. Ventana ANSYS, esfuerzo total piñón.....	67
Figura 54. Guía de acción para modificar plataforma parte superior.....	68
Figura 55. Guía para la ubicación del tablero de mando.....	69
Figura 56. Esquema requerido para el montaje de la maquina revisora.....	69
Figura 57. Guía del sitio indicado para la migración.....	70
Figura 58. Esquema principal para guiar el servicio de: Migración de CPU y adecuación de componentes eléctricos-neumáticos en línea de revisión, ajustando programación.....	71
Figura 59. Costo total del proyecto.....	72
Figura 60. Ensamble general de línea de revisión (diseñado).....	73
Figura 61. Línea a modificar.....	73
Figura 62. Cámara Sacmi solicitada.....	74
Figura 63. Cronograma de inicio y cierre de proyecto.....	78
Figura 64. Esquema alimentación de tapas.....	79
Figura 65. Sensor inductivo SQ7.....	80
Figura 66. Centrifuga marca SACMI.....	80
Figura 67. Vista principal de plato y estrella.....	81
Figura 68. Configuración de soplos de aire.....	81
Figura 69. Datos técnicos de la tapa.....	82
Figura 70. Dimensiones generales línea de revisión.....	82
Figura 71 Diagrama de bloques “sistema revisor”.....	86
Figura 72. Representación de la criticidad y confiabilidad de cada bloque del proceso.....	87
Figura 73. Diagrama organizacional en el proyecto.....	95
Figura 74. Matriz de responsabilidades generada para el proyecto.....	96

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo la optimización de una línea revisora, ubicada en la empresa Cervecería Bavaria – Tocancipá, conformada por el Diseño y acondicionamiento de un sistema mecánico automatizado para la inspección por video de tapa descartada como producto no conforme según criterios de área de calidad en la línea de revisión (actual). Se diseñó un clasificador automático de tapas tipo corona, aplicado a procesos de producción continua y basado en la inspección de defectos superficiales. En base a la utilización de la visión artificial, se propuso la inspección de los defectos superficiales (litografía) y (liner) y a partir de los mecanismos conocidos en la industria de producción de tapa tipo corona, tecnología italiana (SACMI) e inglesa (HC), se planteó replicar varias piezas claves de esas máquinas, así como también la banda transportadora y el sistema electro-neumático para la inspección de las tapas.

En el primer capítulo se realiza un enfoque de la problemática actual en la fábrica de tapas dando una justificación y un planteamiento de objetivos para solucionar el problema. Posteriormente, se realiza un breve estudio del proceso de manufactura y defectología de la tapa corona, así como los conceptos aplicados al sistema clasificador de piezas a la visión artificial y a los requerimientos fundamentales de un sistema de visión con la finalidad de conocer los elementos necesarios para la implementación del sistema, se habla de los requerimientos fundamentales del sistema de visión, con la finalidad de conocer los elementos necesarios para la implementación del sistema.

En el capítulo 3, se realiza el diseño de experimentos mediante una matriz de actividades. En el capítulo 4, una vez planteados y determinados los parámetros de funcionamiento, se buscan alternativas de diseño para el sistema clasificador de tapas, se describen ventajas y desventajas de las alternativas, para finalmente seleccionar la más adecuada. El capítulo 5 se realiza un análisis financiero, interpretando el diseño realizado pero cuantificando costos, recursos y tiempos empleados desde el inicio hasta cierre del proyecto. En el capítulo 6, se crea un plan de mantenimiento y un manual de operaciones para garantizar el buen funcionamiento. El capítulo 7 se plantea el proyecto desde una perspectiva de gestión de proyectos en donde se visualiza las 2 primeras partes y mas importantes en un proyecto de ingeniería aplicando la metodología RAMS exigida por Bavaria. El capítulo 8 refiere a las conclusiones, la parte final contiene la bibliografía con la que se desarrolló el proyecto y se muestran los anexos representativos que conforman el desarrollo total del proyecto.

# 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

## 1.1 IDENTIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en la cervecería Bavaria de Tocancipá está en funcionamiento una planta interna que fabrica tapas (con sistema de abertura (twist off – pry off)) para todo el país. El proceso consta de 2 áreas: litografía y producción.

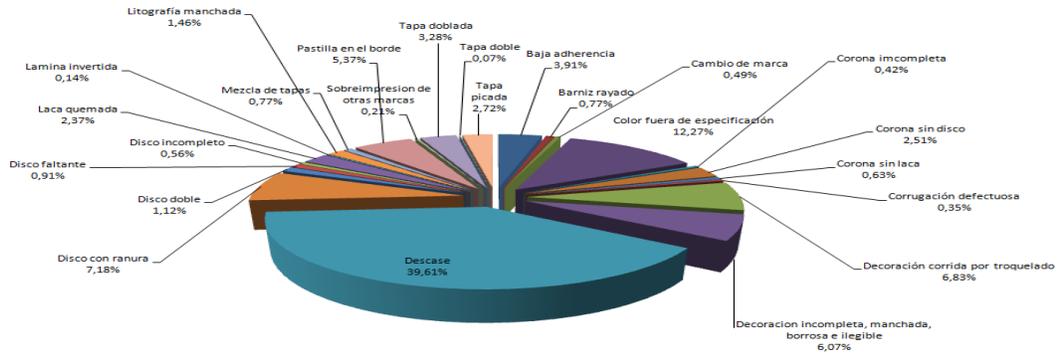
La primera (área litografía) cuenta con 3 líneas de impresión de lámina para dos tipos: Tipo A (.17mm) y Tipo D (.18mm); La capacidad de producción en el área de litografía es la siguiente:

- ✓ LINEA 1: 4200 LAM/HORA; 33600 en un turno de 8 horas.
- ✓ LINEA 2: 4100 LAM/HORA; 32800 en un turno de 8 horas.
- ✓ LINEA 3: 4000 LAM/HORA; 32000 en un turno de 8 horas.

La segunda, área de producción, está conformada por 5 líneas, las primeras 3 líneas se componen de 3 troqueladoras (Sacmi) que trabajan con lámina tipo D y alimenta cada una 2 ensambladoras (Sacmi) para un total de 6 ensambladoras; las 2 líneas restantes se componen de 2 troqueladoras (Callahan) que alimentan 2 ensambladoras (HC) para un total de 4 ensambladoras. La capacidad de producción de las troqueladoras es: SACMI: 360 LAM/HORA X 3 Maquinas, CALLAHAN: 312 LAM/HORA X 2 Maquinas. Las 6 ensambladoras [1]. (Sacmi) tienen una capacidad de: 1570 CAJAS/24HORAS, mientras que las 4 ensambladoras (HC) tienen una capacidad de: 890CAJAS/24HORAS, la suma de las 10 ensambladoras es 2470 CAJAS/24 HORAS, cada caja contiene 11000 tapas lo que representa aproximadamente (veintisiete millones de tapas en 24 horas).

En el proceso de manufactura se originan fallas que causan retención de tapas o producto no conforme. Según el inventario de PNC, todas las marcas de tapas tales como Águila, Club Colombia, Costeña, Póker, Miller, Redes, Pilsen, Cola & Polo, Poni malta y Costeñita, se ven afectadas por los defectos presentados en la figura 1, dentro de los principales se encuentran: descase, disco con ranura, decoración corrida por troquelado entre otros.

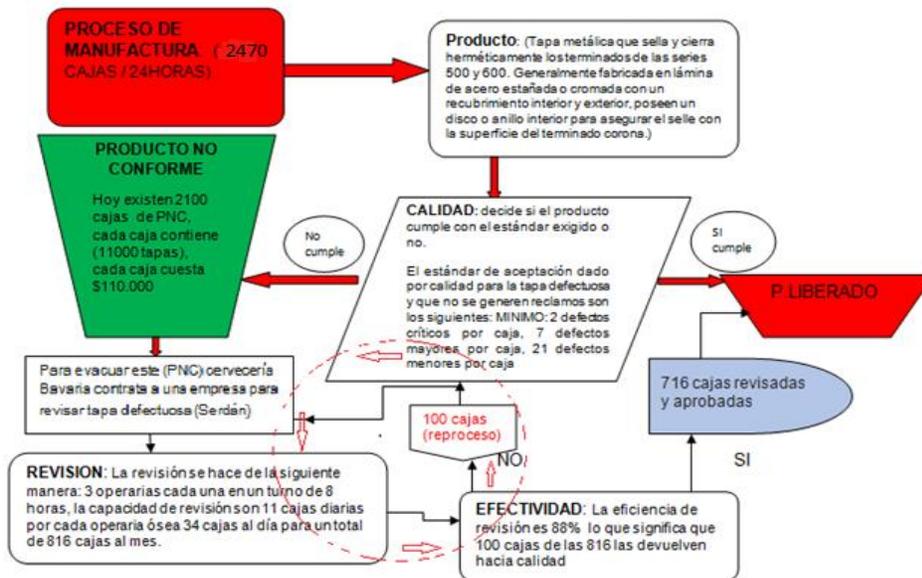
Figura 1. Gráfica de porcentaje de defectos originados en servicio, encontrados en el inventario actual de (PNC)



Fuente: Autor proyecto.

En la figura 2 se evidencia la problemática actual que se presenta en fábrica de tapas referente al estancamiento de 2100 cajas calificadas como producto no conforme (PNC) y valoradas en (231 millones de pesos), así como también el reproceso (zona punteada en el esquema) que se origina por una revisión mal efectuada.

Figura 2. Esquema del proceso de revisión (actual) y decisiones por el área (calidad) en fábrica de tapas cervecera Bavaria



Fuente: Autor proyecto.

El problema se basa en el alto margen de error de la vista humana después de unas horas realizando este proceso de inspección, largas jornadas de trabajo monótono como

es la revisión del liner y la impresión de tapas (litografía) [2] hacen este sistema poco fiable como lo muestran los datos anteriores de producto no conforme.

La velocidad de respuesta de este proceso es muy importante pues no evacuar este producto genera acumulación de cajas, por lo tanto se requiere disminuir la cantidad actual de producto no conforme y asegurar la calidad del producto final, al igual que la buena imagen de la fábrica, el buen uso de las instalaciones y su productividad cumpliendo con el estándar exigido. En un proyecto anterior se diseñó una línea de revisión que seleccionaba los defectos manualmente, esta eficiencia de revisión nunca cumplió las expectativas considerando la inversión y el volumen de cajas de producto no conforme a reducir; esta línea actualmente está abandonada y el procedimiento de revisión se hace en 1 banda transportadora. La cantidad de cajas revisadas durante 24 horas por 3 operarias son aproximadamente 816 cajas al mes a una velocidad de 229/TAPAS/MIN, dependiendo los defectos este valor aumenta o disminuye pues en ocasiones la tapa dañada hay que revisarse por ambos lados (litografía y corona) esto significa dos revisiones a la misma caja, ahora si se considera que diariamente se genera producto no conforme la capacidad de evacuación es relativamente nula.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La exigencia que representa un producto que se gesta en la manufactura de clase mundial es alta, lo que conlleva a procedimientos estandarizados para el aseguramiento de la calidad y confiabilidad [3], [4], [5]. La metodología utilizada en cervecería Bavaria para cualquier proyecto de capital relacionado con la adquisición, modificación, y actualización de equipos se llama RAMS (confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad industrial) [6]. Las prácticas de RAMS dentro del ciclo de vida de un activo se representan en 3 fases que son: Planeación, control y ejecución.

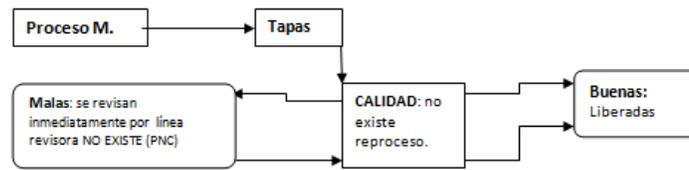
El alcance del proyecto es el diseño de un sistema revisor de tapa que abarca todo el montaje y manutención para que la máquina inspeccione por video tapa descartada como producto no conforme según criterios de área de calidad. Se espera revisar cerca de 1048 cajas al mes trabajando 8 horas al día con 1 operario a una velocidad de 1000TAPAS/MIN, el sistema automatizado disminuiría las pérdidas monetarias y pérdidas de tiempo operacional originadas por: rechazos por parte del cliente a nivel nacional (envasado), reproceso (revisar una caja nuevamente por no cumplir con las exigencias del área de calidad) y mano de obra (transporte de cajas y revisión).

La implementación de un sistema de clasificación usando visión artificial es una alternativa conveniente ya que permitiría la clasificación correcta de las tapas defectuosas que se mantienen retenidas en la fábrica, la capacidad y efectividad de revisión aumentaría considerablemente y más aún si se toma en cuenta el hecho de analizar la

tapa por ambas caras (liner, corona y litografía) en un solo tiempo. Las ventajas con respecto a sistemas de clasificación manual y mecánica se centran en la objetividad, poco contacto físico entre el sistema de clasificación y el producto, y la posibilidad de hacer una clasificación más específica [7], [8], [9].

El siguiente esquema representa la implementación del sistema mecánico automatizado, en él se observa que no existe reproceso y por consiguiente no existe acumulación de (PNC).

Figura 3 Esquema sobre la implementación de línea de revisión automatizada.



Fuente: Autor proyecto.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo general

- ✓ Diseñar, acondicionar e implementar la metodología RAMS en el montaje de un sistema mecánico automatizado para la inspección de tapa defectuosa por medio de visión artificial en cervecería Bavaria Tocancipá.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar el diseño mecánico, eléctrico y neumático, generando las especificaciones técnicas y adaptaciones correspondientes (planos generales de la línea de revisión).
- ✓ Realizar la evaluación económica y cronogramas correspondientes al inicio y cierre del proyecto.
- ✓ Elaborar los manuales de operación y mantenimiento
- ✓ Implementar las dos primeras fases de la metodología RAMS en la puesta en marcha de la línea de revisión.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO TEORICO

#### 2.1.1 Proceso de manufactura de la tapa corona

Actualmente en la cervecería Bavaria de Tocancipá [10] está en funcionamiento una planta interna que fabrica tapas para todo el país; el proceso consta de 2 áreas: litografía y producción. La primera área (litografía) cuenta con 3 líneas litográficas para la impresión monocromática en lámina, se utilizan 2 tipos de lámina para producir una tapa tipo A (.17mm) y Tipo D(.18mm, es uniforme en espesor y superficie, resistente a la corrosión, ideal para la aplicación de lacas, tintas y barnices y excelente para fabricar partes troqueladas ; sin embargo 2 líneas de estas 3 funcionan con gas y una con (Horno UV), la línea 1 cuenta con una barnizadora y su respectivo horno , esta solo aplica recubrimientos; la línea 2 cuenta con una prensa una barnizadora y un horno, esta tiene la ventaja de imprimir y aplicar recubrimiento simultáneamente o independientemente; la línea 3 se encarga de imprimir pero lo hace a mayor velocidad porque el horno (UV) seca la tinta al instante. La segunda área (producción) está conformada por 5 líneas, las primeras 3 líneas se componen de 3 troqueladoras (Sacmi), cada troqueladora alimenta 2 ensambladoras (Sacmi), las 2 líneas restantes se componen de 2 troqueladoras (Callahan) que alimentan 2 ensambladoras (HC); se tiene un total de 5 troqueladoras y 10 ensambladoras.

#### 2.1.2 Capacidad de producción

Tabla 1. Capacidad de máquinas en el proceso de tapa corona

AREA	EQUIPOS
LITOGRAFIA	<ul style="list-style-type: none"><li>• LINEA 1: 4200 LAM/HORA.</li><li>• LINEA 2: 4100 LAM/HORA.</li><li>• LINEA 3: 4000 LAM/HORA.</li></ul>
TROQUELADORA	<ul style="list-style-type: none"><li>• (SACMI): 360 LAM/HORA X 3 MAQUINAS = 1080 LAM/HORA.</li><li>• (CALAHAN): 312 LAM/HORA X 2 MAQUINAS = 624 LAM/HORA.</li></ul>
ENSAMBLADORA	<ul style="list-style-type: none"><li>• (SACMI): 11 CAJAS/HORA. X 6 MAQUINAS = 66 CAJAS/HORA.</li><li>• (HC): 8 CAJAS/HORA. X 4 MAQUINAS = 32 CAJAS/HORA.</li><li>• CADA CAJA CONTIENE 11000 TAPAS.</li></ul>

Fuente: Autor proyecto.

#### 2.1.3 Componentes de la tapa corona.

**Lamina** Acero tipo MR con recubrimiento de cromo metálico y óxido de cromo.

**Recubrimiento Interior** Laca organosol para PVC grado alimento con buena adherencia al metal y al plástico, que no transmita olores ni sabores al producto envasado.

**Recubrimiento Exterior** Bases y tintas de uno o más colores de acuerdo con el diseño establecido por mercadeo más un barniz de sobreimpresión con buena adherencia al metal, que no transmitan olores ni sabores al producto envasado. Grado alimento.

**Liner o disco de selle** Compuesto de PVC grado alimento que no debe transmitir olores ni sabores al producto envasado. El compuesto tiene un grado de lubricación diferente de acuerdo con la serie de tapas que corresponde. Para la serie 500 la lubricación es mayor facilitando el giro de la tapa.

#### 2.1.4 Defectología de la tapa corona

La manufactura de la tapa corona es muy precisa, sin embargo existen fallas de proceso que originan defectos en la tapa, a continuación se describe cada defecto encontrado en servicio: Según el acuerdo de calidad vigente los defectos se dividen en 3 grupos: críticos, mayores y menores.

##### ✓ Grupo 1 defectos críticos.

Tabla 2. Caracterización de defectos críticos

DESCRIPCIÓN	CAUSA	IMAGEN
<p><b>Defectos críticos:</b></p> <p>Aquel que puede producir condiciones peligrosas o inseguras para quienes usan o mantienen el producto. Es también el defecto que puede llegar a impedir que el producto cumpla con las funciones para las cuales fue elaborado.</p>	<p><b>CORRUGACIONES DE LA CORONA MAL FORMADAS</b></p> <p>Regulación incorrecta del prensado del molde de la prensa o sea, la distancia entre el punzón de corte y la matriz de formación, láminas no idóneas o con espesor fuera de la tolerancia, dureza de las láminas inadecuada.</p>	
	<p><b>CORONA INCOMPLETA</b></p> <p>Alimentación incorrecta de las láminas al molde, Problemas de posicionamiento de las láminas, atascamiento de la lámina dentro del molde, montaje erróneo o daño del soporte de la lámina cortada</p>	
	<p><b>TAPA DOBLADA</b></p> <p>Extracción incorrecta del casquillo desde el molde y/o golpe contra la tolva, Flujo del aire de extracción demasiado fuerte</p>	
	<p><b>PROBLEMAS CON EL LINER.</b></p> <p>Corona sin liner, liner mal posicionado, faltante en liner. Todos estos defectos se originan por un mal calentamiento de la extrusora y mal posicionamiento en el momento del disparo, también por mala calibración del punzón formador.</p>	

Fuente fotos: Cervecería Bavaria

✓ **Grupo 2 defectos mayores**

Tabla 3. Caracterización de defectos mayores

DESCRIPCIÓN	CAUSA	IMAGEN
<b>Defectos mayores:</b>  Aquel que sin ser crítico, tiene la probabilidad de ocasionar una falla o de reducir materialmente la utilidad de la unidad para el fin al que se ha destinado.	<b>Barniz rayado</b> Mal manejo de la tapa, obstrucción el carril de transporte de tapa, des calibración de la centrifuga.	
	<b>Decoración corrida por troquelado</b> Mal posicionamiento de lámina antes y durante el troquelado.	
	<b>Decoración corrida por litografía</b> Mal posicionamiento de lámina antes de entrar a la prensa litográfica.	
	<b>Problemas de impresión, sobre impresión, color fuera de especificación, decoraciones incompletas</b> La prensa litográfica esta des calibrada, los formatos de color no son los adecuados, la humedad no es la indicada. Falta de presión en los rodillos impresores.	

Fuente: Cervecería Bavaria

✓ **Grupo 3 defectos menores**

Tabla 4. Caracterización de defectos menores, Aspectos de calidad en fábrica de tapas.

DESCRIPCIÓN	CAUSA	IMAGEN
<b>Defectos menores:</b>  Aquel que no reduce materialmente la utilidad de la unidad para el fin al que se ha destinado o que	<b>Faltante en el disco que no causa desgasificación.</b>	
	<b>Sobrante en el disco que no causa desgasificación.</b>	
	<b>Disco desprendido en un extremo</b> No mayor a un 12% de desprendimiento en el borde	

produce una Desviación de los requisitos establecidos, con pequeño efecto reductor sobre el funcionamiento o uso eficaz de la unidad.	<b>Puntos negros.</b> Laca o plástico quemado.	
---	---	---

Fuente: Cervecería Bavaria

### 2.1.5 Aspectos de calidad en fábrica de tapas

Las maquinas ensambladoras Sacmi tienen un sistema de calidad llamado carrusel de calidad, este consta de 24 punzones palpadores que revisan el doble liner y un sistema transductor de vacío que revisa hermeticidad. Las maquinas ensambladoras HC tienen un sistema de visión artificial que descarta las piezas defectuosas cuando no cumplen con la especificación.

Durante todo el proceso de manufactura el producto terminado es muestreado mediante un sistema automático de expulsión que arroja a una caja recolectora, cada minuto, 10 tapas. El producto que llega en las cajas recolectoras se le realiza una inspección por atributos, donde se mide y analizan los parámetros de la tapa definidos en el plan de calidad del producto terminado, se comprueba la calidad y se emite el respectivo certificado de calidad con el cumplimiento de las especificaciones establecidas.

#### Revisión de tapa catalogada como producto no conforme:

Cuando calidad decide retener un producto, este se almacena en inventario para posteriormente ser revisado por el personal dedicado a esta tarea, luego de revisado se envía de nuevo a calidad y se realiza nuevamente una selección aleatoria de cajas y se toman muestras que ya están empacadas en las cajas que contienen 11000 unidades.

La siguiente tabla evidencia las cajas que tiene que revisar calidad según el tamaño del lote:

Tabla 5. Cajas a revisar según tamaño de lote

TAMAÑO DE LOTE(# CAJAS)	CAJAS REVISADAS 100%
2-15	2
16-25	3
26-50	4

Fuente: Área de calidad en cervecería Bavaria, fábrica de tapas

Tabla 6. Cantidades admisibles dadas por calidad para cada tipo de defecto

MENOR	21
MAYOR	7
CRITICO	2

Fuente: Área de calidad en cervecería Bavaria, fábrica de tapas.

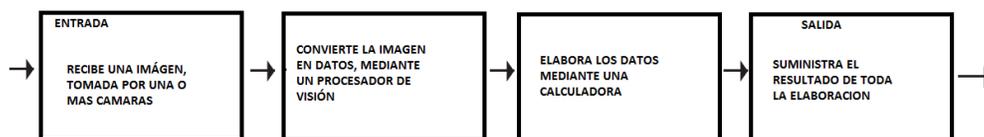
### 2.1.6 ¿Qué es un sistema de visión artificial?

Un sistema de visión es una máquina capaz de simular las facultades visuales y de decisión del hombre: está constituida por la integración de componentes ópticos, electrónicos y mecánicos, que permiten adquirir, registrar y elaborar imágenes tanto en el espectro de la luz visible como fuera de la misma (infrarrojo, rayos X, etc.). El resultado de la elaboración es el reconocimiento de determinadas características de la Imagen, para varias finalidades de control, clasificación, selección, interpretación [11]. El objetivo es modelar matemáticamente los procesos de percepción visual del ser humano y generar algoritmos que permitan simular estas capacidades visuales y procesarlas por medio de una CPU [12]. Estos objetivos se consiguen por medio de reconocimiento de patrones, estadística, geometría de proyección, procesamiento de imágenes, teoría de gráficos y otros campos [13].

### 2.1.7 Funcionamientos del sistema de visión

Un sistema de visión artificial es un conjunto de aparatos que adquiere imágenes, las elabora y suministra un resultado todo esto en varias etapas. [14].

Figura 4. Etapas de un sistema de visión artificial



Fuente: Autor proyecto.

### 2.1.8 Componentes de un sistema de visión artificial

Un sistema de Visión está constituido por tres componentes principales [13], [15], [16]:

#### ✓ Conjunto de equipos para la toma de imagen:

- a) **El transportador** (los componentes mecánicos que hacen mover las piezas). Es el conjunto de las partes mecánicas que permiten situar las piezas del flujo de producto en una posición adecuada para la captura de la imagen. Normalmente, es uno de los siguientes Tipos:

- **Carrusel:** es lo que normalmente se utiliza en la industria para la fabricación de tapa tipo corona, como por ejemplo la maquina SACMI [17]; puesto que permite tener piezas equidistantes y un ritmo temporal constante en la inspección.
- **Cinta:** es la más fácil de integrar en instalaciones existentes, pero no asegura la Equidistancia de las piezas que transitan; debe estar bien regulada para evitar Superposiciones o contactos entre las piezas, que perjudicarían a la inspección [18].

El transporte puede incluir un encoder que tiene el objetivo de sincronizar la adquisición de las imágenes y el descarte incluso en presencia de variaciones de velocidad [19]; sin el Encoder el sistema de visión funciona correctamente, pero solo a velocidad fija.

#### **b) El sensor de presencia.**

El sensor de presencia tiene la función de advertir a la unidad de control y elaboración de que una pieza se encuentra en la posición adecuada para la adquisición de su imagen cada configuración de cámara, toma y procesamiento de imagen incluye un único sensor de presencia [11].

#### **c) Una o más vistas (conjunto de cámara de vídeo, objetivo, iluminador).**

Es el conjunto conformado por [13], [15]: una cámara, un objetivo y un iluminador, que adquieren las imágenes de un objeto del flujo de producto en este caso tapa corona. En algunos casos particulares, una vista puede comprender más de una cámara de vídeo; en este caso, las cámaras de vídeo filman el objeto simultáneamente, mediante una única Señal de sincronización dada por ejemplo por un encoder, creando una única fuente de datos (Imágenes) relativa al objeto.

#### **d) El sistema de descarte de las piezas (Actuadores).**

El sistema de descarte de las piezas se ocupa de la expulsión de las piezas defectuosas y Está constituido por:

- Uno o más dispositivos de descarte neumático o mecánico accionados por la unidad de control y elaboración, que tienen la función de expulsar las piezas juzgadas defectuosas durante la inspección. Físicamente, puede ser una electroválvula equipada con una oportuna boquilla o bien, de un pistón automático, pero el objetivo es el de ejercitar una acción mecánica para alejar la pieza defectuosa del flujo de las piezas buenas [20].

#### **✓ La unidad de control y de elaboración.**

La unidad de control y elaboración es el corazón del sistema de visión porque se ocupa de la adquisición, de la elaboración de las imágenes de los objetos y de su Clasificación según los estándares cualitativos preestablecidos.

Para cada objeto se efectúa la siguiente secuencia de operación [13], [15], [16]:

- **Toma la señal** proveniente de la/s cámara/s de vídeo. En caso que la cámara sea analógica, convierte las señales analógicas (vídeo) en señales digitales
- **(Digitalización)** mediante el frame grabber. Almacena la imagen recibida (señal vídeo convertida, o bien, señal digital) en la memoria del ordenador. Una vez que la imagen está totalmente reconstruida, el sistema la analiza obteniendo zonas de interés para la inspección, parámetros que resumen la Imagen.
- **Toma decisiones acerca del resultado de la elaboración.** Se realiza en función de la comparación entre los parámetros obtenidos a partir de la elaboración y los parámetros que los estándares de calidad establecen, se toma la decisión acerca de Los defectos o no de la pieza inspeccionada y los interpreta estadísticamente.

### **Hardware.**

La unidad de control y elaboración está constituida por: CPU y los dispositivos presentes en el campo (sensor de adquisición, iluminadores, descarte, encoder).

### **Software.**

El software es lo principal de un sistema de visión artificial hay varios de ellos en donde utilizan un programa de aplicación y drivers dedicados [21]. Se utilizara el sistema de visión cvs3000 [22],[23] que contiene: el programa aplicativo de inspección Sacmi y las librerías asociadas a éste, el driver y las librerías específicas para pilotar la tarjeta de adquisición de las Imágenes y la tarjeta de gestión entradas / salidas.

#### ✓ **La interfaz hombre-máquina**

La interfaz hombre – máquina (**Human-Machine Interface, HMI**) permite, al usuario, la monitorización y el control de la máquina que debe utilizar [24].

### **Hardware**

A nivel físico, la interfaz del usuario está constituida, típicamente, por: Ratón, teclado y monitor (a veces están presentes monitores de tipo touchscreen que no necesitan ni teclado ni ratón)

### **Software de la interfaz**

La interfaz del usuario a nivel software permite, al operador [21]:

- Configurar los parámetros correspondientes a la inspección.
- Monitorizar y controlar, en remoto, el sistema de visión durante la inspección de la producción, la interfaz del usuario Informa acerca de lo que está haciendo el sistema, es decir, de qué modo están evolucionando los datos de producción (número de piezas inspeccionadas, descartadas, defectuosas), en el tiempo.

### 2.1.9 Configuración del sistema de visión

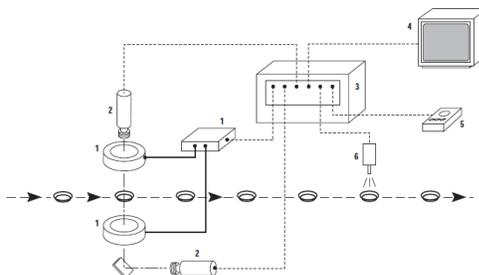
La configuración que tendrá el sistema de revisión en el proyecto será la siguiente: (dejando claro que se utilizara el sistema marca SACMI que actualmente está en uso en fábrica de tapas)

Tabla 7. Configuración del sistema de visión

<b>1 GRUPO ILUMINADOR</b>
La iluminación de las tapas la genera un iluminador estroboscópico, accionado por el sistema de visión. De esta manera se garantiza una perfecta sincronización entre la acción del iluminador y la toma de las telecámaras.
<b>2 TELECAMARAS</b>
Toman las imágenes de las piezas que deben ser inspeccionadas.
<b>3 SISTEMA DE ELABORACION</b>
Elabora las imágenes tomadas por las telecámaras.
<b>4 MONITOR – PANTALLA</b>
El sistema de elaboración está conectado con el monitor para mostrar las imágenes tomadas y las páginas de los menús para la configuración del sistema.
<b>5 TRACK BALL</b>
El usuario puede establecer los datos y activar funciones del sistema mediante una track ball conectada con el sistema.
<b>6 DESCARTE NEUMATICO</b>
La expulsión de las piezas defectuosas

Fuente: manual instrucciones 205.01. A02 cvs

Figura 5. Configuración de sistema de visión artificial SACMI



Fuente: manual instrucciones 205.01. A02 CVS unidad de control pantalla

### 2.1.10 Sistema de visión CVS3000

Para el desarrollo de este proyecto se utilizara el sistema de visión CVS 3000 [23], este sistema es de marca SACMI, cabe aclarar que es un sistema muy eficaz ya que es especializado en analizar el objeto a tratar (TAPAS TIPO CORONA), pues los fabricantes, crearon la máquina para ensamblar el liner y su sistema de calidad para la revisión de este. El CVS está compuesto por programas, librerías, drivers, tarjetas y por los dispositivos periféricos (devices: sensor de adquisición, dispositivos de descarte, encoder, iluminadores y cámaras de vídeo).

### **2.1.11 ¿Cómo funciona la inspección Sacmi?**

Los pasos efectuados por el sistema de visión en el ciclo de inspección (para cada vista) son: [TOMADO DE MANUAL SOFTWARE SISTEMAS DE VISIÓN CVS3000-CVS 001.86.142 REV.06 FECHA 16/02/2011]:

#### **a) Adquisición de la imagen**

El sensor de presencia detecta una pieza por inspeccionar cerca de la cámara de vídeo (evento de trigger), consecuentemente, cuando la pieza se halla en la posición adecuada para la toma de imagen, el sistema de visión acciona de manera oportuna, los iluminadores de modo que evidencien las peculiaridades de la pieza a fines de la inspección. La imagen iluminada es detectada por la cámara de vídeo, convirtiéndola en señales tomadas del sistema de elaboración, que la almacena en la memoria para ser elaborada.

#### **b) Elaboración de la imagen (task)**

Una vez adquirida la imagen, el sistema de visión la elabora mediante una serie de task; cada task tiene la función de calcular una o más características del objeto bajo inspección. En algunos casos, las características calculadas por un task, son utilizadas por otros task; por ejemplo, un task calcula la posición del objeto y los task siguientes, utilizan la posición calculada para reposicionar las elaboraciones sucesivas.

#### **c) Proceso de decisión de selección (clasificador y check)**

Las características significativas, obtenidas de la fase de elaboración, se comparan con las de referencia, calculadas durante la fase de capacitación, con el objetivo de juzgar la conformidad de la pieza inspeccionada, con los estándares de producción. El juicio final depende de la sensibilidad asociada a cada check. El usuario puede modificar las sensibilidades de cada check.

#### **d) Actualización del estado (Estadísticas de producción, alarmas y mensajes)**

Al término del ciclo de inspección, el sistema actualiza el estado de la producción en función de los nuevos datos surgidos de la inspección misma, proporcionando al usuario mismo informaciones de tipo estadístico.

### **2.1.12 Sistema de visión en el sector industrial**

Actualmente las exigencias en competitividad hacen que la industria adopte medidas para que no se vea afectado el potencial (calidad) y volumen de sus productos [15]. Las nuevas tecnologías permiten Efectuar controles rígidos y escrupulosos, mejorando la

calidad del producto terminado, permiten disminuir los tiempos y los costes, aumentando la producción con la velocidad y la repetición de la máquina. Permiten aumentar la flexibilidad productiva (adaptación de las varias situaciones de mercado). Existen varios campos de acción [15]: Agricultura, Automoción, Alimentación, Sector Farmacéutico, Electrónica, Robótica, Ejército, Química, Seguridad / Vigilancia, Textil, Envase y embalaje entre otros.

### **2.1.13 Beneficios de los sistemas de visión**

El sistema de visión es capaz de sustituir al hombre en operaciones de repetición, poco gratificantes, desde el punto de vista profesional, en particular, la utilización de un sistema de visión conlleva las siguientes ventajas [25], [26], [27]:

- **Es confiable, eficaz y preciso:** El sistema de visión puede trabajar durante tiempos muy largos, inspeccionando al 100% cada pieza y manteniendo constantes los propios criterios de valoración. Permiten alcanzar una precisión de control muy superior a la humana, sobretodo en presencia de objetos caracterizados por márgenes de error muy reducidos.
- **Puede ser operado en ambientes difíciles:** En ambientes limitados (como, por ejemplo, ambientes ruidosos, áreas en el radio de acción de máquinas o sistemas de desplazamiento, espacios restringidos).
- **Trabaja con elevadas velocidades de control:** El sistema de Visión es capaz de desarrollar operaciones de inspección en fracciones de segundo incluso en objetos en movimiento muy rápidos.
- **Analiza objetos con pequeñas dimensiones:** Los sistemas de visión permiten analizar piezas no visible o, difícilmente identificables por el hombre, gracias a ópticas y software específicos.
- **Genera datos estadísticos en el proceso:** Los sistemas de visión son capaces de memorizar los datos relativos a la producción (en tiempo real) y graficarlos o interpretarlos correctamente.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

**Tapa tipo corona:** Generalmente fabricada en lámina de acero estañada o cromada con un recubrimiento interior y exterior, poseen un disco o anillo interior para asegurar el selle con la superficie del terminado corona [10].

**Tapa twist off:** Las tapas Twist Off brindan como atributo principal, la facilidad de cierre y apertura con una fracción de vuelta [10].

**Tapa pry off:** tapa que abre bajo un torque aplicado [10].

**Plan de Muestreo:** Plan específico que establece el número de unidades del producto, de cada lote, que se deben inspeccionar (tamaño de muestra o serie de tamaños de muestra) y el criterio respectivo para la determinación de la aceptabilidad del lote. [28]

**Atributo:** Toda aquella característica o cualidad propia del producto, que cumple o no con determinadas especificaciones. [28]

**Inspección por atributos:** Inspección por medio de la cual simplemente se califica la unidad de producto como conforme o no conforme. [28]

**Tamaño del lote:** Un lote estará conformado por una tarima, la cual está constituida por 32 cajas de 11 000 unidades c/u.

**Tamaño de la muestra:** En las ensambladoras con muestreo automático en línea se sacan 800 tapas por lotes.

**Imagen:** Representación de forma visual, la cual representa la apariencia de un objeto o elemento de manera real o imaginaria [29].

**Cámara:** Es un dispositivo utilizado para capturar la imagen proyectada en el sensor, gracias el objetivo o ópticas para poder transferirla a un sistema electrónico externo (monitor, frame grabbe.) [30].

**Óptica:** Una lente que proyecta la luz del exterior formando una imagen en el sensor. [15]

**Frame grabber:** Se denomina frame grabber al dispositivo que interconexiona una cámara con un PC, digitalizando y guardando en memoria la imagen adquirida. [15]

**Iluminación:** Permite visualizar bien la pieza a tratar, gracias a la iluminación se trabaja la imagen bajo un ambiente específico adaptando el contraste y fondo de la imagen [15]

**Procesamiento de imágenes:** Es el proceso que se le realiza a una imagen para caracterizarla y luego interpretarla, posteriormente el análisis es más específico y preciso [13].

**Digitalización:** Transformación de la imagen, de señal analógica a matriz de valores numéricos (píxeles).El píxel puede representarse con valores matemáticos de 256 niveles que van desde 0 (negro) a 255 (blanco).En el caso de cámaras de vídeo a color, cada píxel tiene un valor que engloba tres medidas específicas: el nivel de rojo, de verde y de azul (RGB) del píxel mismo. [31]

**Electroválvula:** Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal. [15]

**RGB:** Término utilizado para representar los tres colores principales (rojo, verde y azul) utilizados en las imágenes a color. De estos tres componentes, se obtienen todos los colores que el sistema es capaz de analizar. [32]

**Encoder:** El encoder es un transductor rotativo, que mediante una señal eléctrica (normalmente un pulso o una señal senoidal) nos indica el ángulo girado. Si este sensor rotatorio lo conectáramos mecánicamente con una rueda o un husillo, también nos permitiría medir distancias lineales. [33]

**Banda transportadora:** es la responsable de transportar las tapas desde la entra hacia la inspección y salida del sistema [18]

**Track ball:** es un dispositivo apuntador estacionario compuesto por una bola incrustada en un receptáculo que contiene sensores que detectan la rotación de la bola en dos ejes —como si fuera un ratón de computadora boca arriba, pero con la bola sobresaliendo más. [34]

## 2.3 ESTADO DEL ARTE

Tras una larga investigación en universidades de Colombia y el mundo; se logra extraer información valiosa y precisa aplicada a la industria en general, se tratan temas que abarcan desde la automatización de procesos de producción, control de calidad en plantas de producción por medio de visión artificial, hasta la detección de defectos por medio de visión artificial aplicado a la industria agroalimentaria.

BROSNAN, Tadhg; WENSUN, Da. De la Universidad Nacional de Irlanda, FRCFT Group, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentaria, en el año 2003 realiza investigación titulada “**IMPROVING QUALITY INSPECTION OF FOOD PRODUCTS BY COMPUTER VISION—A REVIEW**” trata sobre la visión artificial en la industria agronómica, sus beneficios y como la calidad mejora sistemáticamente. Los resultados de la investigación concuerdan en: La visión por computador proporciona una alternativa para una técnica automatizada, no es destructiva y es rentable. [35]

PENCUE, Edgar; LEON, Jaury. De la Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, en 2003 realizan artículo titulado “**DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS EN FRUTAS MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES**”, trata sobre presentar una técnica de metrología no destructiva que permita proveer información valiosa del producto. El sistema se basa en el análisis realizado sobre las imágenes tomadas con iluminación y cámaras de operación en el visible, analizando el aspecto externo de la fruta y realizando la clasificación de los defectos de acuerdo a parámetros de evaluación de control de calidad. Los resultados de la investigación son: Se ha

demostrado que es factible de desarrollar este tipo de sistemas con aplicaciones relativas a las necesidades regionales y que, en una primera aproximación como ésta, se pueden alcanzar niveles de efectividad superiores al 90%. No obstante, aunque en una fruta se pueden realizar múltiples mediciones para la determinación de su calidad, no es posible determinar todos los parámetros por medio de inspección visual, como el aroma, La textura de la pulpa, la dureza y el contenido de defectos internos y de azúcares.[36]

SANDOVAL, Zulma. De la Universidad Nacional de Colombia, en el año 2005 realiza tesis para el grado de Magíster en Automatización Industrial, titulada **“CARACTERIZACIÓN DE CAFÉ CEREZA EMPLEANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL”** trata específicamente sobre un sistema de visión artificial para la clasificación de frutos de café en once categorías dependiendo de su estado de madurez., procesamiento de datos, automatización, algoritmos, programación. Los resultados de la investigación son: Se creó el software que acciona el mecanismo de selección; el tamaño, el color y la forma del grano son variables específicas para la clasificación del grano; se obtuvo el menor error con el clasificador bayesiano, aproximadamente del 5%, pero requirió el mayor tiempo de clasificación, cerca de 5,5 ms. Con el clasificador usando redes neuronales aumentó el error de clasificación, aproximadamente al 7%, pero disminuyó el tiempo de clasificación a 0,8 ms [8].

MARTÍNEZ, Balfre. De la Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, en septiembre de 2006 realiza tesis titulada **“VISIÓN ARTIFICIAL APLICADA A LA INDUSTRIA TEXTIL DE GUATEMALA”**, trata temas de visión artificial, implementación de visión en máquinas para producir textil, sistema de control de calidad. Los resultados de la investigación son: Se considera técnicamente viable el uso de técnicas de visión artificial para la inspección del proceso de tiraje y acabados. La viabilidad económica está asegurada por el enorme interés que tienen las empresas en obtener mayor producción a menor costo de elaboración, de forma que su coste estimado no supondría un inconveniente grave para su implantación. [37]

ZAMBRANO, Gabriel; et al. De la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, en el año 2006 realizan artículo de investigación, titulado **“ESTACION DE CONTROL DE CALIDAD POR VISION ARTIFICIAL PARA UN CENTRO DE MANUFACTURAINTEGRADA POR COMPUTADOR (CIM)”** trata sobre el desarrollo, la implementación, la construcción y la validación de una estación de control de calidad orientada a la inspección y verificación de calidades de fabricación de piezas mecanizadas, basada en visión artificial y acoplada a un sistema de manufactura integrada por computador, automatización en la industria, procesamiento digital de imágenes. Los resultados de la investigación son: La estación integrada al CIM permite la inspección automática de un lote de piezas, con base en una única configuración y con una funcionalidad de comunicación de resultados que permite un control centralizado de todo el proceso de manufactura; la metodología en el sistema

fue pensada para la inspección de un lote de piezas a partir de la configuración de las mediciones usando una pieza patrón. [7]

QUEVEDO, Andrés; GARZON, David; De la Universidad de la Salle facultad de ingeniería de diseño & automatización, en 2007 realizan tesis titulada “**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MODELO AUTOMÁTICO DE VISION ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA IMPRESION Y LINER DE LA TAPA METÁL**”, trata de técnicas de visión artificial para el desarrollo de una automatización aplicada a un modelo mecánico que transporta tapa tipo corona, para crear una celda de control de calidad en la industria. El resultado de la investigación es: EL diseño y construcción de un modelo automático de visión artificial para el control de calidad en la impresión y liner de la tapa metálica en la actualidad se encuentra en funcionamiento en TAPAS LA LIBERTAD en Bogotá trabajando como un sistema de control de calidad optimo, con un excelente grado de confiabilidad; cumpliendo con las expectativas de la empresa patrocinadora. [1]

MEJIA, Esteban. Del Instituto Tecnológico de Costa Rica, escuela de ingeniería electronica, en el año 2007 realiza tesis titulada “**Sistema robótico de selección automática de objetos basado en las características visuales**” trata sobre técnicas de visión artificial aplicadas a distintas características visuales que poseen los objetos (color forma), robótica, proceso de imágenes, automatización y control. Los resultados de la investigación son: Se logra cumplir con el desarrollo de un sistema robótico que seleccionará objetos, basándose en sus características visuales, en este caso según el color, la forma y el tamaño; se desarrolló un algoritmo computacional que permitiera la captura del video de los objetos; se creó una interfaz de usuario para administrar el proceso de selección; se propone mejorar el hardware para mejorar la capacidad de toma de datos [9].

SÁNCHEZ, Oscar. Del Instituto Politécnico Nacional, escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica México D.F, en 2009 realiza tesis titulada “**AUTOMATIZACIÓN DE UNA MAQUINA INDUSTRIAL CERRADORA DE TAPAS**”, trata temas de automatización, sensores, PLC. El resultado es: la implementación de una maquina automatizada cerradora de tapas aumentara la efectividad y velocidad de producción, con respecto a costo y beneficio la automatización es la mejor opción en este proceso. [38]

MIRANDA, Gustavo; et al. De la Escuela Superior Politécnica de Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC). Guayaquil, Ecuador, el 2 de marzo de 2009 realizan artículo titulado “**SISTEMA DE CONTROL VEHICULAR UTILIZANDO RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES**” trata temas de visión artificial para implementarse en el control de flujo vehicular en distintos ambientes, análisis, procesamiento de datos, adquisición de datos, Software de desarrollo “National Instruments Labview 8.2”. Los resultados de la investigación son: La implementación del proyecto en un entorno real presento ciertos problemas que afectaron el correcto

funcionamiento del sistema, esto se debe a que no existe un control adecuado en el estado de las placas vehiculares ni estándar en cuanto a forma, el ajuste de la programación es difícil porque la imagen no se reconoce generando una información incorrecta en estos casos. [39]

CRUZ, Jonathan. De la Universidad Técnica del Norte, facultad de ingeniería Mecatrónica. Ecuador, en 2010 realiza tesis titulada “**CLASIFICADOR AUTOMÁTICO DE TAPAS ROSCA DE PLÁSTICO PARA PROCESOS DE PRODUCCIÓN CONTINUA, BASADO EN LA INSPECCIÓN DE DEFECTOS SUPERFICIALES**”, trata temas de visión artificial implementado en la alta producción, diseño de mecanismos, automatización, programación, selección de objetos, control de calidad. Los resultados de la investigación son: El sistema clasificador de tapas está funcionando en la empresa ECUAinsetec como modulo demostrativo cumpliendo con las expectativas de la empresa patrocinadora de promocionar sistemas de automatización con visión artificial. Tomando en cuenta las pruebas realizadas en el sistema completo se obtuvo un error total de 10,2% el cual se considera como un valor máximo ya que este porcentaje es la suma de los promedios de las peores condiciones; el gabinete de control cuenta con un fácil manejo para el encendido y apagado del sistema clasificador de tapas.[40]

LOAIZA, Andrés; et al. De la Universidad Icesi, Cali, Colombia, en 2012 realizan artículo titulado: “**SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA CONTEO DE OBJETOS EN MOVIMIENTO**”, trata sobre diferentes conceptos y metodologías utilizadas en la construcción de sistemas de visión artificial para el reconocimiento de patrones, implementando esto en un sistema para el conteo de personas que se mueven dentro de un espacio cerrado. Los resultados de la investigación son: En definitiva, es posible crear un sistema de visiona artificial y de conteo de objetos, de forma básica, con el uso de los elementos imprescindibles. (PC, sensor y algoritmo de procesamiento). [41]

## **2.4 MARCO NORMATIVO**

En este proyecto se utilizaran las normas Icontec NTC para la realización de trabajos escritos y específicamente para trabajos de grado.

Para el desarrollo de esta investigación se hace necesario el uso de normas que siguen los lineamientos exigidos por cervecería Bavaria en cuanto a fabricación de tapas, calidad, seguridad industrial, inocuidad, medio ambiente. Tales normas son:

- **NTC 2848 de 2001:** Esta Norma suministra las especificaciones técnicas para la fabricación de Tapas metálicas tipo corona para envases de las series 500 y 600.
- **ISO 9001 de 2014:** Esta Norma Internacional, especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, en una organización específica.

- **Norma HACCP de 2014 (Hazard Analysis and Critical Control Points):** Esta norma permite identificar peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos.
- **Decreto Número 1686 DE 2012:** Este decreto establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir para la fabricación, elaboración, hidratación, envase, almacenamiento, distribución, transporte, comercialización, expendio, exportación e importación de bebidas alcohólicas destinadas para consumo humano.
- **Decreto 3075 de 1997. Art.10, 11,12, 19, 20, 21, 28,29. :** Este decreto regula la utilización de equipos y utensilios, condiciones de instalaciones, los requisitos higiénicos de fabricación y aseguramiento y control de la calidad.
- **Res. 3192 de 1983. Art. 10b, 10d:** Esta resolución establece las normas higiénicas o las bpm que deben tener en la planta de procesamiento de alimentos, además especifica la forma adecuada para las instalaciones, los equipos, salud del manipulador y sus conocimientos.
- **ISO 14001 de 2014:** Esta norma internacionalmente aceptada, especifica los requisitos para un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo. La norma está diseñada para conseguir un equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción de los impactos en el ambiente.
- **Resolución 541 de 1994 art. 2 # III y art. 3. :** Esta resolución, regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción.
- **Decreto ley 2811 de 1974 art.8, 35:** Este decreto trata sobre cómo manejar la generación de residuos no peligrosos
- **OHSAS 18001 de 2014:** Esta norma se refiere a una serie de especificaciones sobre la salud y seguridad en el trabajo.
- **Decreto 1295 de 1993 :** Este decreto **determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales**
- **Resolución 2400 de 1979 art. 5, art. 31:** Esta resolución se refiere a la prevención de riesgos profesionales y es responsabilidad de los empleadores.
- **NTC-ISO 2859-1 de 2014:** Plan de Muestreo: Esta norma trata el plan específico que establece el número de unidades del producto, de cada lote, que se deben inspeccionar (tamaño de muestra o serie de tamaños de muestra) y el criterio respectivo para la determinación de la aceptabilidad del lote.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 CLASE DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo cuantitativa-cualitativa, porque se cuantifican piezas, costos, tiempos, recursos y así mismo los indicadores de productividad, calidad, confiabilidad se relacionan de una manera directa con el desarrollo del proyecto.

#### 3.2 ESQUEMA GENERAL DEL DISEÑO METODOLÓGICO

Tabla 8. Esquema general del diseño metodológico

OBJETIVO GENERAL		DISEÑO METODOLÓGICO		ÁMBITO Y TIEMPO DE APLICACIÓN
Diseñar, construir, acondicionar e implementar un sistema mecánico automatizado para la inspección de tapa defectuosa por medio de visión artificial en cervecería Bavaria Tocancipá.		Enfoque hipotético –deductivo .parte de la hipótesis sobre la utilidad del sistema de visión artificial aplicado a la industria productora de tapas, y como se genera el diseño mecánico automatizado, capacitaciones y mantenimiento para este fin. Existe una geometría específica que se tiene que adaptar para que el sistema funcione.		Sector industrial colombiano en el proceso de fabricación de tapa corona. Aplicado a la empresa Cervecería Bavaria
OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES METODOLOGICAS	VARIABLES DE TRABAJO O NECESARIAS	TECNICAS DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACION	RESULTADOS ESPERADOS

1	Realizar el diseño mecánico, eléctrico y neumático, generando las especificaciones técnicas y adaptaciones correspondientes (planos generales de la línea de revisión).	Reconocimiento de planta (visita a campo) (litografía, troquelado, ensamblado) análisis del proceso de manufactura de (tapa de cerveza)	Fundamentos / Modelos / Metodologías / Aplicaciones Industriales.	Consolidar la información en áreas para trabajar por subsistemas: eléctrico, mecánico, neumático.  Analizar problemas de ergonomía hacia el operario Analizar distribución de producto.	Generar el diseño óptimo del sistema mecánico automatizado generando un prototipo-final con planos y ensambles de toda la línea revisora. Considerando: <ul style="list-style-type: none"> <li>distribución en planta</li> <li>Costo – beneficio</li> <li>Ergonomía hacia el operario</li> <li>Sencillez de operación.</li> <li>Capacidad de revisión</li> <li>Efectividad de rechazo</li> </ul>
		Recopilación y Clasificación de la información obtenida en campo.	Validez. Vigencia. Importancia.	Planear y prevenir peligros relacionados a seguridad industrial, medio ambiente y calidad.	
		Especificaciones mecánicas,  Comprendidas en 3 fases  Fase1:32 Transmisión de potencia  Fase2: distribución de cámaras y componentes, materiales  Fase3: distribución de sistema en línea revisora, estructura y logística	Teoría de diseño de máquinas y mecanismos  Teoría de resistencia de materiales  Teoría en ciencia de materiales  Teoría de automatización  Teoría de instrumentación electrónica.  Capacidades a reducir. Capacidad de operación. Gasto energético	Socialización de componentes mecánicos (estrella de salida) en funcionamiento que conforman la ensambladora 6, la cual se tomara como referencia para la solución mecánica- automatizada del sistema a implementar.  Lista de componentes principales.  Diseño- Prototipo.  Inventarios de componentes y costo aproximado.	

		<p>Especificaciones eléctricas</p> <p>Fuerza, y control de componentes: motor, sensores, electroválvulas, tablero de mando,</p> <p>Plc, mangueras, racores cables.</p>			
	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>ACTIVIDADES METODOLOGICAS</b>	<b>VARIABLES DE TRABAJO O NECESARIAS</b>	<b>TECNICAS DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACION</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>
2	<p>Realizar la evaluación económica y cronogramas correspondientes al inicio y cierre del proyecto.</p>	<p>Conocer la especificación deseadas para el montaje de la línea revisora.</p> <p>Conocer la normatividad en cervecería Bavaria para la contratación de servicios.</p> <p>Crear licitaciones técnicas para los servicios requeridos.</p> <p>Evaluar riesgos, en calidad, seguridad industrial y medio ambiente.</p>	<p>Costos.</p> <p>Impuestos.</p> <p>Repuestos.</p> <p>Componentes.</p> <p>Materiales.</p> <p>Tiempos de ejecución.</p> <p>Garantías.</p> <p>Contrataciones.</p> <p>Servicios.</p> <p>Inventarios.</p>	<p>Socializar con ingenieros de fábrica de tapas, técnicos mecánicos y eléctricos.</p> <p>Generar cuadros de términos y referencias.</p> <p>Generar presupuesto, cronogramas.</p> <p>Conocer lista de materiales y componentes requeridos en la instalación.</p> <p>Generar cuadros comparativos de costos y beneficios referentes a los servicios solicitados.</p> <p>Generar contratos y órdenes</p>	<p>Planear, controlar y ejecutar fielmente todo el proyecto de ingeniería; asegurando el tiempo de ejecución, y el costo requerido para todo el montaje del sistema revisor , se incluirán factores como:</p> <p>Tiempo y costo de fabricación de piezas.</p> <p>Tiempo y costo en elaboración de contratos.</p> <p>Tiempo de ejecución de los servicios.</p> <p>Tiempo y costo de importaciones.</p> <p>Tiempo de pruebas y arranque</p>

				de compra.  Crear matrices de riesgo económico e inocuidad.	del sistema.  Recursos de todo tipo.  Rol de responsabilidades.  Cadenas de mando en el proyecto.  Cambios de ingeniería, solicitud de materiales.  Mano de obra.  Presupuesto final.
OBJETIVOS ESPECIFICOS		ACTIVIDADES METODOLOGICAS	VARIABLES DE TRABAJO O NECESARIAS	TECNICAS DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACION	RESULTADOS ESPERADOS
3	Elaborar los manuales de operación y mantenimiento	<p>Recopilación de información de equipos.</p> <p>Funciones de los equipos relacionados en el sistema.</p> <p>Analizar estándar de función.</p> <p>Priorizar fallas.</p> <p>Matrices de riesgo.</p>	<p>Fallas.</p> <p>Tiempo operacional.</p> <p>Tiempo fuera de servicio.</p> <p>Tiempo por reparación.</p> <p>Subsistemas.</p> <p>Componentes.</p> <p>Criticidad.</p>	<p>Generar manual de operación, con componentes principales y funciones, prevención de fallas y buenas prácticas de manufactura.</p> <p>Crear AMEF (Análisis Modo Efecto Falla, con su RPN o criticidad a cada falla.</p> <p>Generar frecuencias de intervención, horas/hombre. Repuestos</p> <p>Crear mantenimiento basado en confiabilidad.</p> <p>Gestionar el mantenimiento</p>	<p>Generar los manuales de operación con mantenimiento autónomo básico (limpieza, seguridad , pautas de funcionamiento, prevenciones al sistema )</p> <p>Crear plan de mantenimiento visualizando acciones correctivas, preventivas y predictivas, para asegurar la confiabilidad del sistema.</p>

				autónomo, limpieza del área y seguridad industrial.	
	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>ACTIVIDADES METODOLOGICAS</b>	<b>VARIABLES DE TRABAJO O NECESARIAS</b>	<b>TECNICAS DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACION</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>
4	Implementar el diseño efectuado en la fábrica de tapas y puesta en marcha de línea de revisión.	<p>Recopilación de información suministrada por proveedores.</p> <p>Formalizar actividades para el desarrollo de las pruebas principales.</p>	<p>Eficiencia.</p> <p>Valor agregado.</p> <p>Energía.</p> <p>Espacio.</p> <p>Velocidad.</p> <p>Horas de trabajo.</p> <p>Materiales.</p>	<p>Crear un cronograma de actividades para el buen gestionamiento de cada prueba necesaria,</p> <p>Para garantizar el funcionamiento del equipo se realizaran pruebas de:</p> <p>Arranque del sistema (fuentes de energía, fuentes de aire)-verificación de elementos mecánicos y eléctricos.</p> <p>Pruebas Alimentación de tolva y consecución de componentes.</p> <p>Pruebas de clasificación de tapas. Con sistema de visión artificial marca SACMI</p>	Implementar el diseño efectuado en fábrica de tapas cervecera Bavaria Tocancipá y que este cumpla con la función para la que fue diseñado.

Fuente: autor del proyecto

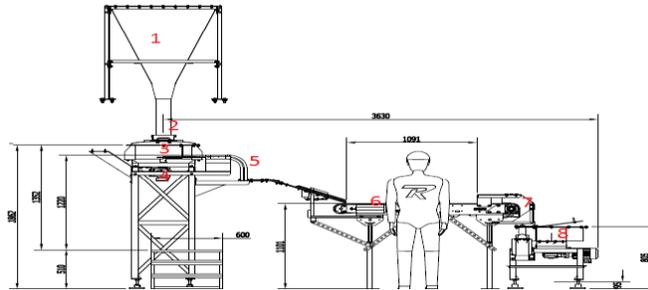
## 4. DESARROLLO DEL SISTEMA MECÁNICO- AUTOMATIZADO

### 4.1 EVALUACIÓN DE MECANISMOS EXISTENTES EN LÍNEA DE REVISIÓN ACTUAL

Gracias a un proyecto anterior se instaló una estructura mecánica semi-automatizada para que cumpliera con la función de seleccionar tapa manualmente, pero debido a la complejidad y limitaciones de la máquina, este sistema no cumplió con las expectativas.

✓ **El sistema de revisión actual que se pretende optimizar consta de:**

Figura 6. Esquema principal línea revisora actual.



Fuente: Cervecería Bavaria

**(1) Tolva:** entra la tapa para alimentar el sistema.

**(2) motor vibrador:** mediante un sensor inductivo ubicado en la centrifuga 1 el sistema da la señal al motor vibrador para evacuar la tapa existente en la tolva, este motor tiene variador de velocidad y tablero independiente está ubicado debajo de la banda transportadora.

**(3) centrifuga de alimentación:** que direcciona la tapa hacia el riel conductor de tapa

**(4) motor centrifuga:** funciona a 120 rpm constantemente, se inicia al encender el sistema

**(5) banda transportadora:** transporta la tapa que debe ser revisada por el operario

**(6) motor banda transportadora:** tiene rpm variable este, se inicia al encender el sistema

**(7) centrifuga de salida:** direcciona la tapa a la salida en un riel que desemboca en la caja final.

**(8) motor centrifuga:** funciona a 120 rpm constantemente, se inicia al encender el sistema.

Figura 7. Estructura principal de revisión fábrica de tapas



Fuente: Autor proyecto

Se creó un protocolo de pruebas para evaluar la situación de cada componente existente y observar el carácter viable de la reutilización de los mecanismos para implementarlos en el nuevo diseño formulado. A continuación se describe la condición de cada componente y si necesita modificarse o no.

Tabla 9. Protocolo de pruebas en campo a máquina existente.

Componentes	Estado	¿Cambió? Si/no	Modificación
Fuentes de energía	Bueno	No pero si modificarlo	Cometida del sistema de video
Fuente de aire	Bueno	No pero si modificarlo	Tubería
Botones de control	Bueno	No pero si añadirle los otros	Botones (on –off)
Motor1-centrifuga 1	Bueno	No	
Motor2-banda transportadora	Bueno	No	
Motor3-centrifuga 2	Bueno	No	
Sensores	Bueno	No – adaptarlos y programar otros	Sensor para posicionamiento de encoder
Contactores	Bueno	No	Motor 1.6 hp
Cableado	Bueno	Si	Todo

Mangueras	Deteriorado	Si	Todo
Válvulas	Buena	Si	Corte principal de aire
Centrifuga 1	Buena pero tiene baja eficiencia.	Opcional	Nueva SACMI
Riel conector a centrifuga y orientador	Deteriorado No ajusta descalibrado  Muchas piezas	Si	Riel rígido con compuerta de resorte y pin.
Orientador de tapa	Descalibrado crea taponamiento	Si	Cambio por uno nuevo
Riel conector a orientador y banda transportadora	Muy ajustado	Si	Diseño de un nuevo riel
Banda transportadora	Buena	No	Adaptar
Centrifuga 2	Buena	Si	Acomodar en el lugar de la centrifuga 1.

Fuente: Autor proyecto

#### **4.2 CARACTERÍSTICAS Y CONSIDERACIONES PARA EL PROTOTIPO A DESARROLLAR**

De acuerdo a la evaluación realizada en el apartado anterior es viable la utilización de la estructura y mecanismos que se tienen actualmente para el desarrollo del sistema, no obstante en los siguientes capítulos se mencionaran los cambios (mecánicos, eléctricos y neumáticos) pertinentes que se tienen que desarrollar para el completo funcionamiento del sistema.

✓ **Las principales consideraciones para el prototipo a desarrollar son las siguientes:**

- El sistema debe revisar tapa por ambos lados de ella a una velocidad de 1000 tapas/min.
- El sistema debe funcionar continuamente durante 24 horas al día.

- Se debe utilizar el sistema de visión artificial (Sacmi) existente en fábrica de tapas situado en la ensambladora (6).
- Se debe garantizar la ergonomía hacia el operario.
- La distribución en planta debe ser la adecuada.
- Debe ser muy mantenible, eso significa lo más simple posible y con piezas estandarizadas para la rotación de repuestos.
- El equipo diseñado debe ser capaz de alimentar y orientar tapas en procesos automáticos, para garantizar su inyección a una banda transportadora.
- La velocidad de producción dependerá de la velocidad de la banda y de la cámara de visión artificial.
- El equipo a diseñar no debe requerir mayor contacto humano sino el necesario para controlar y calibrar la maquina
- El tipo de producto, en un principio orienta y alimenta solamente tapas tipo corona.

#### 4.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para solucionar el problema del diseño de forma o la geometría de las piezas, se parte de varios diseños que ya están funcionando (SACMI Y HC), así como del concepto ingeniería inversa, el cual a raíz de una teoría ya formulada se reformula o mejora para garantizar el resultado correcto.

Siendo así, se creó esta configuración general que tendrá en un principio el sistema optimizado.

Tabla 10. Configuración principal de sistema revisor

CLASE DE EQUIPO	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Tolva	1	Entra la tapa para alimentar el sistema
Centrifuga de alimentación	1	Recibe la tapa de la tolva para acomodarla
Riel acomodador de tapa	1	Recibe la tapa posterior ala centrifuga tiene la opción de girar la cara de la tapa para ser inspeccionada por las cámaras
Estrella guía de tapa	1	Transporta la tapa conducida por el riel y la entrega a la banda transportadora

Disco soporte de estrella	1	Disco que soporta la estrella y sirve para posicionar la tapa en la estrella por medio de imantación
Cámara 1	1	Inspecciona la tapa en la parte inferior de la estrella puede inspeccionar( corona y liner) o ( litografía)
Banda transportadora	1	Transporta la tapa hacia la salida del sistema luego de ser entregada por la estrella
Cámara 2	1	Inspecciona la tapa ya ubicada en la banda transportadora puede inspeccionar( corona y liner) o ( litografía)
Actuadores	2	Mecanismo para rechazar la tapa defectuosa pueden ser (Neumático o Mecánico)

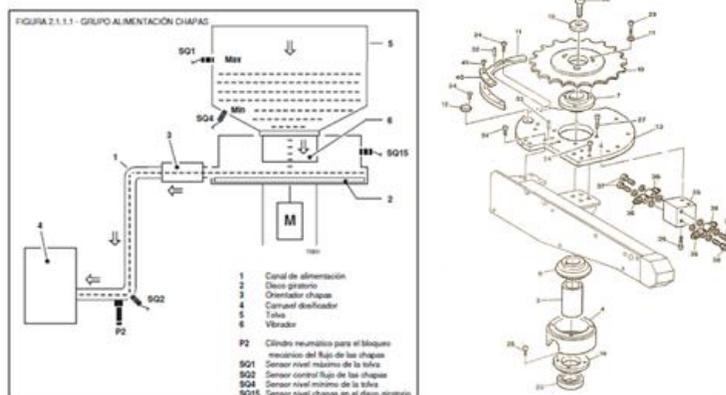
Fuente: Autor proyecto

No obstante esta configuración principal, se plantearon 2 alternativas de diseño para cumplir con el objetivo de revisar tapa de una forma rápida y confiable. Estas alternativas mantienen la configuración principal pero se ven grandes cambios en cuanto a mantenibilidad y tiempos perdidos.

#### 4.3.1 Alternativa 1

- ✓ Consiste en tomar la misma entrada y salida de tapa propuesta por la maquina SACMI y adaptar las situaciones que correspondan de acuerdo a la restricción del espacio, en este caso toca modificar la estructura soporte (actual) y adecuar el sistema de revisión.
- ✓ Se seguirá la configuración propuesta en la (figura 8) pero rediseñando piezas para ajustar el sistema lo más real posible al original.

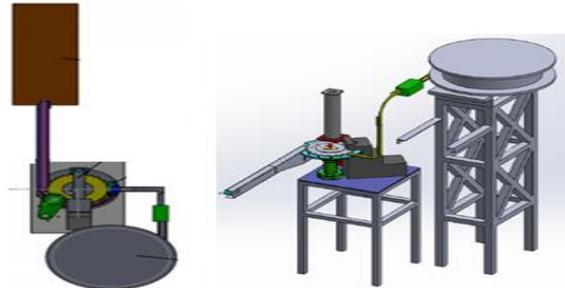
Figura 8. Distribución de componentes en ensambladora SACMI



Fuente: SACMI IMOLA. Documentación técnica. Catalogo repuestos. Máquina para el emplastado de juntas en las tapas. [1].

- ✓ Se requiere rediseñar plato, estrella soporte, riel y banda transportadora (figura 8), ya que es parte vital del sistema revisor y dosificador de tapa, sin esta distribución correctamente efectuada el sistema jamás funcionara correctamente, pues hay posibilidad de estancamiento de tapa en los rieles y de pérdida de imagen en el sistema de visión artificial.

Figura 9. Ensamble principal sistema de revisión



Fuente: Autor proyecto

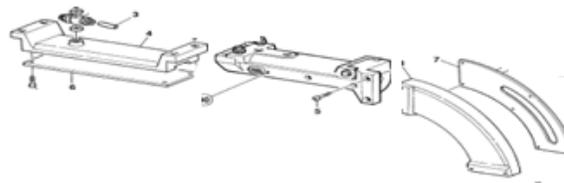
#### 4.3.2 Alternativa 2

- ✓ La modificación consiste en ubicar la centrifuga a la misma altura del sistema de revisión y colocar el riel (bajante) de forma( horizontal derecho) para evitar problemas de fricción y atascamiento que se provocan en las curvas del riel de la alternativa-1 (figura 10)

Hipótesis.

El orientador SACMI que dirige la tapa en un solo sentido hace su función pero la tapa queda ubicada posición de 90 grados, de ahí nace el diseño del riel (bajante) que mediante una diseño geométrico (en forma c) se orienta los 90 grados restantes para ubicar la tapa con la corona hacia arriba y permitir ser arrastrada luego por la estrella de salida. (Figura 10)

Figura 10. Bajante y orientador SACMI



Fuente: SACMI IMOLA. Documentación técnica. Catalogo repuestos. Máquina para el emplastado de juntas en las tapas. [1].

Se pretende utilizar un orientador de tapa marca kronnes actualmente disponible en el área de envasado, la cual da una dosificación de tapa a 180 grados, pero al tener la pieza en la mano y analizar el diseño de la maquina kronnes en envasado, se concluyó que la orientación era a 90 grados y necesita del diseño del riel, la gravedad y vibración para su correcto funcionamiento.

Figura 11. Orientador marca KRONNES

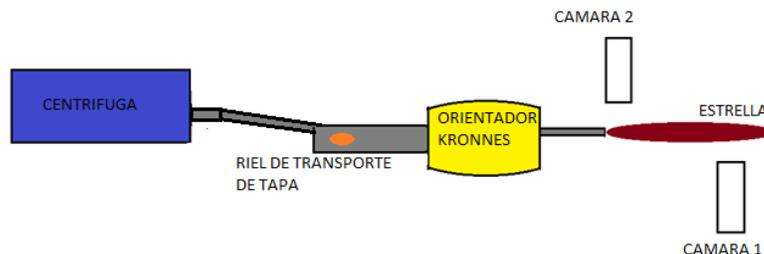


Fuente: autor proyecto

✓ **Planeamiento de diseño para la alternativa 2.**

Se utiliza la gravedad pero no en forma recta como se planea en la alternativa-1 (figura 10), sino en descenso por medio de un plano inclinado y en la salida del tubo orientador marca kronnes se dan los 90 grados faltantes (invierte en riel) para que entregue al final con la corona hacia arriba pero con menor distancia de recorrido. Su impulso no es aire sino un (desgranador) mecanismo que empuja la tapa para que llegue a la estrella de salida (ver figura 12)

Figura 12. Configuración del sistema revisor con el orientador KRONNES



Fuente: autor proyecto

#### 4.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ADECUADA.

- ✓ La alternativa 1 sigue más confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad que la alternativa 2, ya que actualmente se trabaja con estas máquinas (troqueladoras y ensambladoras) y se tiene historial de fallas, criticidad de subsistemas y rotación de repuestos.

- ✓ Se evidencia que la segunda alternativa requiere más precisión en el ensamble del sistema y por consiguiente es un sistema más complejo, cabe resaltar que el orientador y los repuestos están disponibles en envasado, pero no se tienen claras las posibles fallas, ya que es un sistema injertado por así decirlo por que trabajaría a otras velocidades y con necesidad de vibración en el dispositivo dosificador, a diferencia del dispositivo planteado en la alternativa 1 lo que eleva su criticidad en el proceso.
- ✓ La alternativa 2 utiliza más piezas móviles que la alternativa 1
- ✓ El costo del maquinado del riel es mayor en la alternativa 2, el costo de mantenimiento y el tiempo perdido es más alto en la alternativa 2 que en la alternativa 1

Entonces se plantea lo siguiente:

- Restaurar un transportador magnético que actualmente no se encuentra en funcionamiento en el área de tapas y dejar la tolva arriba manteniendo la configuración de diseño existente lo que primordialmente minimiza costos y tiempos.

Figura 13. Transportador de tapa tipo magnético.

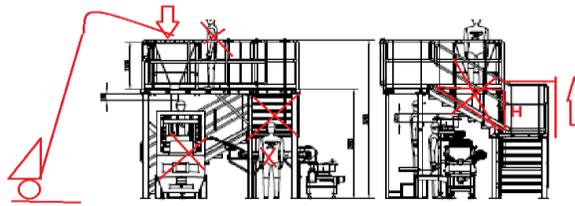


Fuente: Autor proyecto

- El planteamiento se centra ahora en el “tipo de automatización” y diseño requerido en la parte crítica del sistema (plato y estrella) en donde se ubicaran las 2 cámaras marca Sacmi anterior mente mencionadas. La automatización juega un papel importante pues garantiza el sincronismo, la consecución de componentes, menos tiempos perdidos y que el operario no se lesione por cargar cajas.
- el sistema será más grande que el original y por consiguiente se deben rediseñar las piezas que son originales de las cámaras Sacmi para mantener la concentricidad del disparo de las cámaras y el rechazo.

Se modificara la estructura de la siguiente forma:

Figura 14. Modificación a estructura actual



Fuente: Autor proyecto

- El operario no tiene que desplazarse hasta arriba para llenar la tolva, sino que la llenaría manualmente desde el primer nivel gracias al transportador tipo magnético.
- El inconveniente de distribución del sistema mecánico dentro de la estructura actual es la distribución del espacio, porque ahora es más reducida, se toma la decisión de modificar la estructura ampliando el cuadrante ocupado por la segunda escalera y modificando la plataforma de arriba, lo que genera mayor campo para ubicar el sistema.
- La tolva y centrifuga se mantendrá en la misma posición que al principio del diseño, el cambio consiste en invertir el giro de la bajante hacia la posición de (Sacmi) y adquirir un orientador Sacmi de espina de pescado para que direcciona la tapa con la corona hacia afuera para que la estrella la reciba en la posición correcta.
- Las cebras y las líneas de demarcación de zona de trabajo se modificaran
- Se desanclara la estructura principal existente del suelo y se desplazara 2 metros hacia adelante para garantizar la distribución de todos los componentes mecánicos automatizados y no tener problema con el espacio. En el anexo x se observa la licitación al servicio requerido junto con la cotización del proveedor.

#### 4.5 DISEÑO DEL SISTEMA

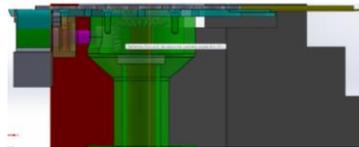
Tras escoger la alternativa de diseño adecuada se dispone a efectuar el desarrollo de cada componente mecánico así como también la utilización de componentes eléctricos y neumáticos para la automatización requerida, a continuación el sistema se desarrolla en 3 fases que se explican en detalle y una fase final en donde se explica la configuración para el montaje de la máquina y su automatización. Los planos mecánicos, eléctricos y neumáticos se encuentran al final del documento en el (anexo a)

#### 4.5.1 Fase 1 Trasmisión de potencia

- Transmisión de potencia, esquema de los piñones que generan el movimiento y la relación entre la ubicación de las cámaras y sincronismo de máquina. (Reunión con ingenieros fábrica de tapas para solucionar problemas claves)
- Correcta distribución de piezas que generan el movimiento sincrónico en el mecanismo (estrella de salida). 2 piñones cónicos que enlazan la transmisión de potencia de la estrella que transporta la tapa y la banda transportadora que la rechaza, el fin es generar en la estrella aproximadamente 120 RPM, en la primera sección de la banda 280 RPM Y al final de la banda 1000RPM (velocidad con la que se espera revisar tapa defectuosa), esta tendrá 2 módulos de rechazo neumáticos accionados por 2 electroválvulas, 1 encoder ubicado en el eje principal y 2 cámaras(SACMI) actualmente instaladas en la ensambladora (6). Se generaron planos principales para luego ser modificados.
- Solución de problema de sincronización (video, entrada de tapa y salida, con o sin rechazo) que no se había planeado con relación a ubicación de las dos cámaras de video marca Sacmi (una cámara se pretendía ubicar en la estrella de salida (en la parte inferior) para visualizar problemas de litografía y la otra cámara se pretendía ubicar en la banda transportadora(parte superior) para visualizar problemas de corona y guarnición.) la solución propuesta para evitar los problemas de sincronización es ubicar las 2 cámaras en la (estrella de salida) y modificar las dimensiones de la estructura para garantizar la distribución.

La figura 15 representa la correcta distribución de componentes (ejes, housing, piñón, estrella) que se diseñó para que la sincronización de entrada de tapa al sistema revisor y la salida a la banda con los dispositivos rechazadores sea la misma, básicamente un solo motorreductor genera el movimiento para el sistema revisor.

Figura 15. Ensamble ejes y piñón cónico para generar la transmisión de potencia



Fuente: Autor proyecto

#### ✓ **Motorreductor**

Se escoge el moto-reductor adecuado para el sistema mecánico principal el cual va a proporcionar la potencia adecuada en la estrella de transporte. Se trata de un motorreductor corona sin fin con eje hueco en vertical y flanche para anclarse a la estructura, este genera poco ruido, es económico y es muy eficiente en cargas radiales altas. El diámetro del eje será 30 mm, en su extremo inferior se posicionara el encoder.

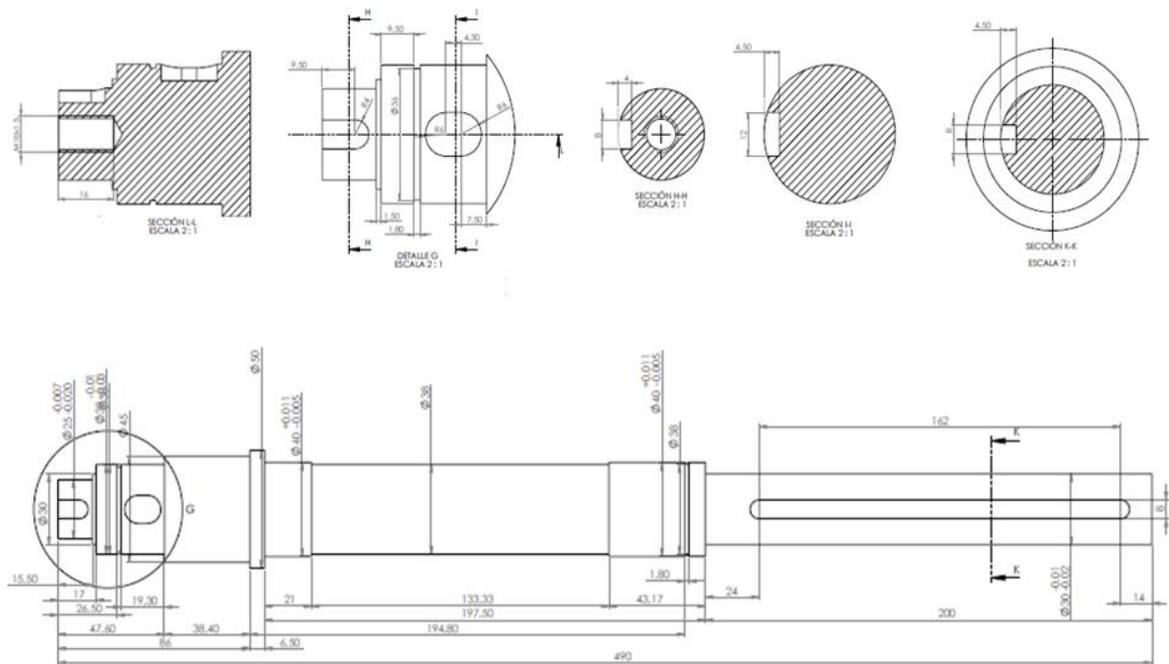


0.75 – 1.00 % Mn
0.80 – 1.10 % Cr
0.15 – 0.25 % Mo
0.15 – 0.35 % Si
0.04 % P máx.
0.05 % S máx.
<b>Usos:</b> se usa para piñones pequeños, tijeras, tornillo de alta resistencia, espárragos, guías, Seguidores de leva, ejes reductores, cinceles.

Fuente: Sumitec-[43].

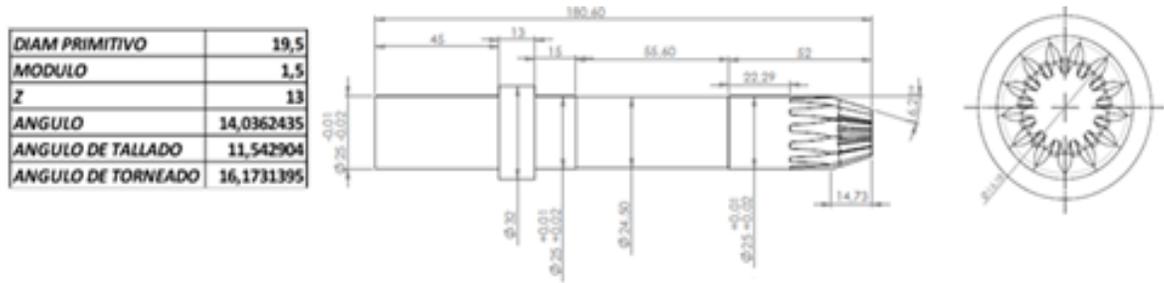
Las dimensiones para la fabricación del eje motriz o (1) son:  $\varnothing=30\text{mm}$  X 490mm, el proceso de fabricación de este eje es torneado. Se diseña un segundo eje estriado con las mismas propiedades mecánicas, este se utilizara para la transmisión de potencia a una banda transportadora acoplada gracias a un piñón cónico recto

Figura 17. Dimensiones y tolerancias eje1



Fuente: Autor proyecto

Figura 18. Dimensiones y tolerancias eje2

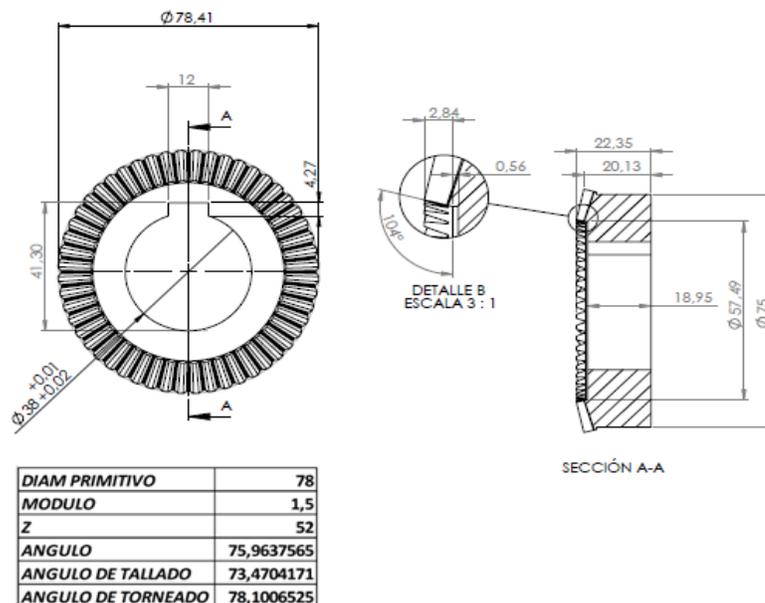


Fuente: Autor proyecto

### ✓ Piñones y rodamientos

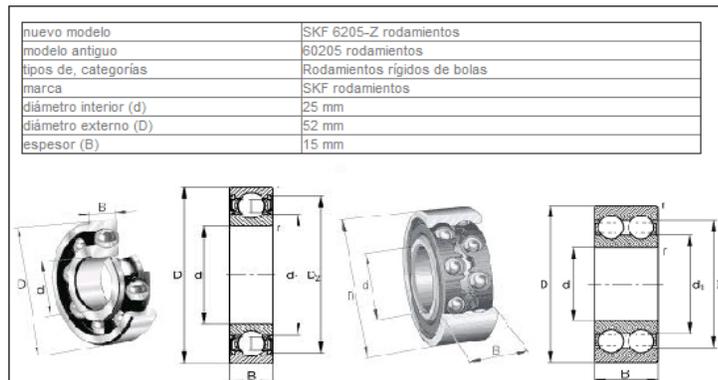
Los piñones cónicos rectos efectúan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, generalmente en ángulo recto aunque no es el único ángulo pues puede variar dicho ángulo como por ejemplo 45°, 60°, 70°, etc., por medio de superficies cónicas dentadas. Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en 90°. Según las rpm y configuración del motor principal el cual tiene 142 rpm se necesita la siguiente configuración de rodamientos y piñones para darle estabilidad al movimiento y se generen 568 en la banda transportadora.

Figura 19. Piñón mecanizado para la transmisión de potencia del eje1 y al eje 2



Fuente: Autor proyecto

Figura 20. Ficha técnica de rodamiento 6205zz



Fuente: SKF-[44].

Figura 21. Ficha técnica de rodamiento 6008zz



Fuente: SKF-[44].

Figura 22. Ficha técnica rodamiento cónico 30208

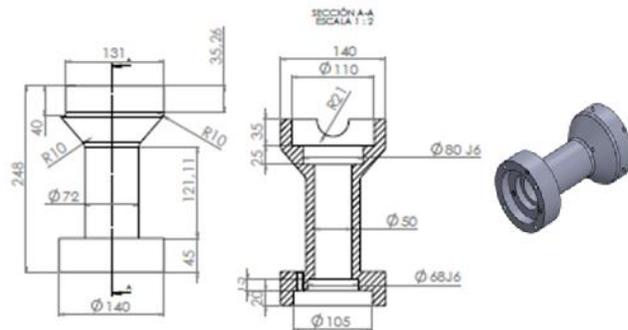


Fuente: SKF-[44].

✓ **Diseño housing**

Tal como describió en el diseño del eje, se necesita un apoyo de otras piezas para que el eje logre la concentricidad deseada y no genere ondulaciones ni falta de estabilidad del sistema. En este caso el housing se diseñó en relación al diámetro del eje, diámetro de los rodamientos y diámetro de los piñones necesarios para que casen en este armazón (figura 23), el cual es el soporte principal para que se dé la transferencia de potencia al sistema.

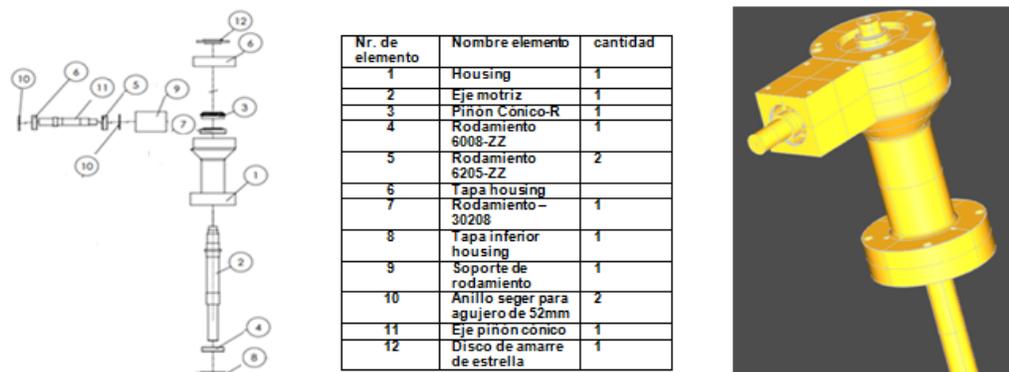
Figura 23. Dimensiones y tolerancias del housing (Diseñado)



Fuente: Autor proyecto. (NOTA: En el diseño del housing se tomó en cuenta relación con el diámetro del eje y el diámetro de los piñones)

El ensamble final de la primera fase que abarca una parte principal del mecanismo “transmisión de potencia” es la presentada en la (Figura 24). Los planos del sistema completo se ven en detalle en (anexo a).

Figura 24. Ensamble principal ejes, housing, rodamientos y piñones.



Fuente: Autor proyecto

#### 4.5.2 Fase 2 Distribución de componentes (2 cámaras en estrella y estructura)

- Distribución de componentes (2 cámaras en estrella y estructura), planteamiento de problemas (componentes mecánicos y otros) que afectan el comportamiento de la tapa en su recorrido
- Se analizó la función que realizan los 2 platos de las dos estrellas de transferencia de la maquina Sacmi, así como los 2 platos de la maquina HC, y relacionando el hecho de que ya existen 2 cámaras revisoras en estas estrellas; se diseña un plato soporte para que permita la visibilidad de ambas cámaras y cumpla su función de base para el mecanismo.
- La estrella se acondiciono al requerimiento de las cámaras.

Lo que se muestra en la (Figura 25) es la configuración principal del sistema plato y estrella a continuación se describe cada pieza representativa del ensamble.

Figura 25. Ensamble plato, estrella y caja magnética



Fuente: Autor proyecto

#### ✓ Diseño estrella y riel guía

El Diseño de la estrella y el riel nace de la necesidad de transportar la tapa de forma segura y confiable, ya que las camaras del sistema de vision requieren un enfoque perfecto a el diametro de la tapa; ademas el riel cumple la funcion especifica de guiar el recorrido de la tapa en el interior de la estrella de transporte.

#### Hipotesis

El diseño original de la maquina sacmi imola maneja dos tipos de estrellas una para la entrada de tapa al carrusel de incersion y otra para el carrusel de salida o de calidad, estas estrellas manejan dos tipos de sujeciones para que en el recorrido no se caiga la tapa, la estrella del carrusel de insercion (figura 8) utiliza un riel en acero que guia la tapa en su recorrido, mientras que la otra estrella utiliza un sistema de imanes que van puestos en el interior del plato que la sujeta.



### ✓ Diseño del plato

El plato soporta la estrella de transferencia y es la base para anclar la banda transportadora

Hipótesis.

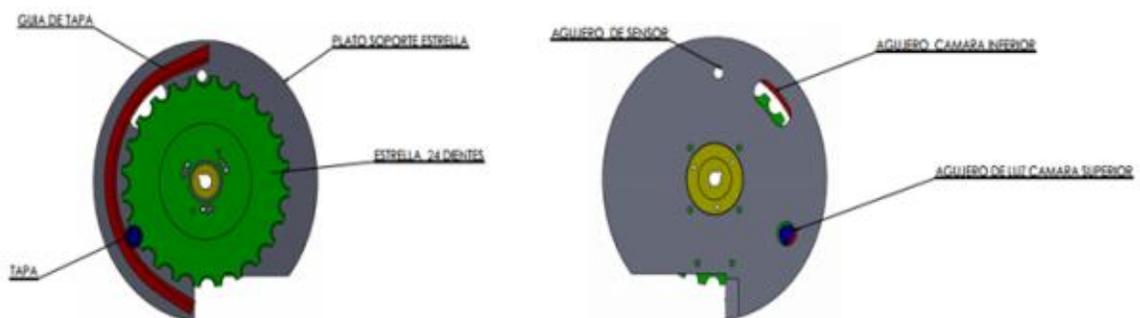
Se analizó la función que cumplen los 2 platos de las dos estrellas de transferencia de la maquina Sacmi, así como también los 2 platos de la maquina HC, y relacionando el hecho de que ya existen 2 cámaras revisoras en estas estrellas; se plantea un plato soporte para que permita la visibilidad de ambas cámaras y cumpla su función de base para el mecanismo.

Planteamiento del diseño.

- Se diseña con respecto a la geometría (tamaño y forma) de la estrella transportadora
- El plato utilizara fuerza magnética para que la tapa se mantenga alineada en la estrella
- El alineamiento de la tapa se logra con una guía que va desde la entrada de tapa hasta la salida.
- El plato tendrá una ranura envés de un circulo para que la cámara 1 revise litografía
- La ranura tendrá un vidrio para brindarle seguridad a la cámara.

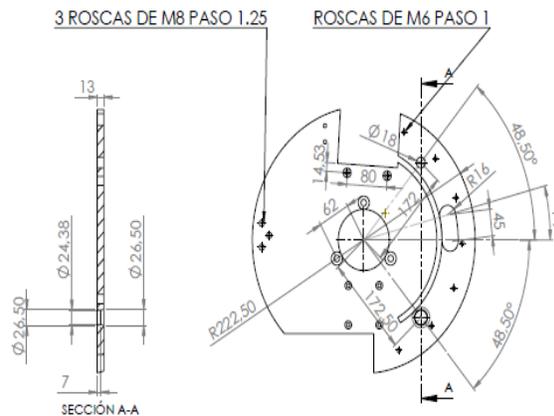
Se realiza un primer diseño (figura 28) el cual se perfecciona a partir de la información de máquinas de referencia SACMI IMOLA [1]. Para lograr el diseño final (figura 29).

Figura 28. Primer diseño de plato soporte de estrella



Fuente: Autor proyecto

Figura 29. Plano general disco soporte de estrella (diseño final)

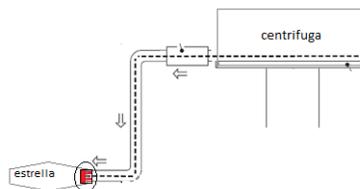


Fuente: Autor proyecto

- **Diseño caja imantada**

Se realiza el diseño de la caja imantada tras investigar detenidamente las fallas presentadas en las maquinas ensambladoras sacmi (fallas con respecto a atascamiento del proceso y perdidas de tiempo) se generan en el momento de la resepcion de las tapas que se dirigen desde la centrifuga por el riel de alimentacion y desembocan en el principio de la estrella transportadora (figura 30).

Figura 30. Representación gráfica del desplazamiento de la tapa desde la centrifuga hasta la estrella de transporte.



Fuente: Autor proyecto

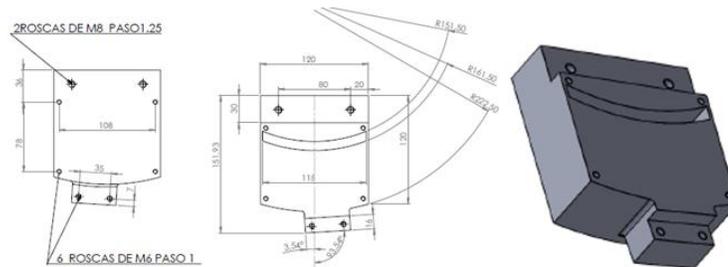
Hipotesis

Existe un momento en el cual la tapa que llega a la estrella no se comporta de manera natural, osea (impulsada desde la centrifuga a través del riel la tapa debe llegar empujada por otra tapa que se encuentra atrás en una armonia que debe alimentar perfectamente el proceso); esto comportamiento no natural se debe a que en un proceso anterior (troquelado) la tapa sufrio una deformacion milimetrica que basicamente genera atascamiento y falta de cosecusion del proceso.

Planteamiento del diseño.

- Se diseña una caja que se conecta perfectamente al plato soporte y al riel de transporte, esto con el fin de garantizar que siempre la tapa que entra a la estrella se enganche correctamente a las pestañas de la estrella y siga su movimiento rotativo, esto gracias a la acción de unos imanes puestos en el interior de la caja diseñada.

Figura 31. Plano de caja imantada



Fuente: Autor proyecto

La parte superior o parte plana de la caja lleva atornillada una lamina tipo “grano de arroz” para que no se vea afectada la pintura de la tapa debido a la fricción.

#### 4.5.3 Fase 3 Distancia y esquema general, planos y modificaciones a instalaciones.

- Distancias y esquema general, planos generales y modificaciones pertinentes para gestionar el diseño efectivo que garantice efectividad y buen funcionamiento.
- Modificación final de planos efectuados en fase 1, 2: En esta modificación se plantean diseños geométricos que dan solución a problemas encontrados en el anterior diseño correspondiente a las fases 1 y 2 (los planos finales se ven en detalle en el anexo a.)

Las modificaciones son:

- 4ta modificación del plato principal soporte de estrella( la modificación consiste en adaptar la caja imantada con grano de arroz para el recibimiento de la tapa ,como también un canal para adaptar imanes, )
- 3ra modificación de estrella de transferencia ( se amplió el diámetro a 345mm y quedo de 26 pasos)
- 2da modificación de guía de alineamiento de tapa sujeta a plato soporte( se imitó el diseño de guía de la Sacmi ajustando los diámetros de la tapa a ser revisada para no causar obstrucción en la toma de la imagen , se adaptaron los huecos con tornillo avellanado en el plato soporte para no causar problemas en la revisión)
- Adecuación de caja imantada con lamina tipo arroz para la recepción adecuada de tapa entre la salida de la bajante y la entrada a la estrella.

- Adecuación bajante ( cambio de giro ocasionado por la consideración de no bajar tolva planteado en fase 2)
- Se diseña la banda transportadora y unas piezas faltantes para la ubicación correcta de las cámaras a continuación se dan detalles de los diseños.

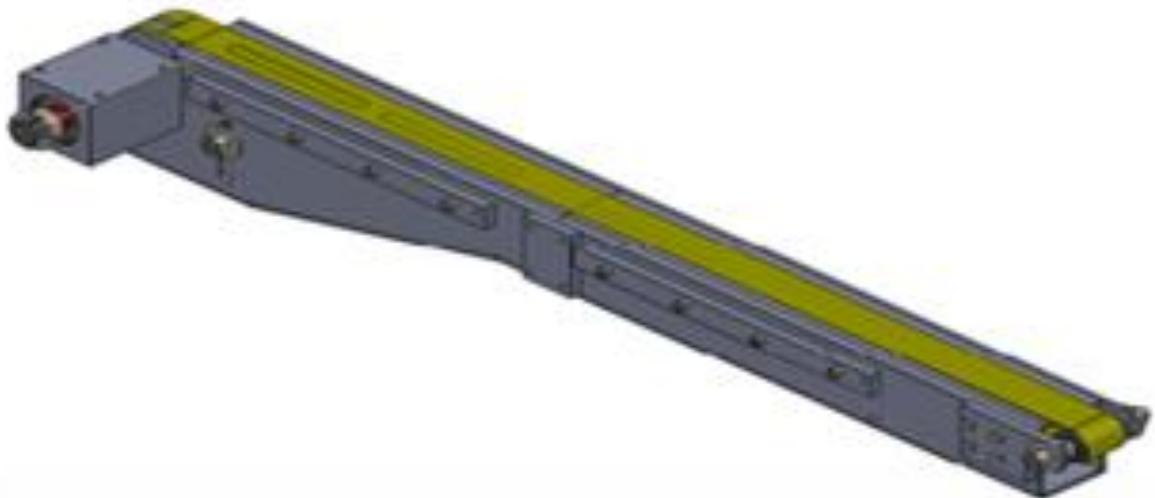
- **Banda transportadora para el rechazo de tapa defectuosa**

Esta banda está conectada al plato principal y estrella, su función es transportar la tapa uniformemente para que los rechazadores neumáticos del sistema de visión actúen en el momento indicado. Los planos de cada componente (figura 32) se ven en detalle en el (anexo a.)

Propiedades de la banda diseñada.

- El transporte es para tapa tipo corona
- Par mantener la alineación correcta de las tapas la banda transportadora será de tipo magnética
- Según la configuración de piñones cónicos (Fig. 20) “15/30”; el motor principal genera 142 rpm por lo que se transmiten 280 rpm al eje 2 que va acoplado con la polea
- La longitud de la banda es de 1.03 metros
- La Productividad de la banda es 1000 tapas/ min

Figura 32. Banda transportadora, ensamble general,

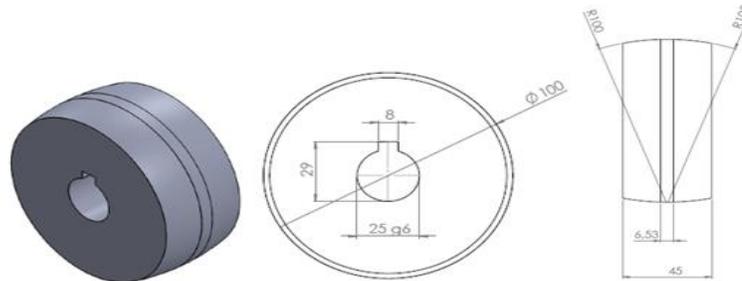


Fuente: Autor proyecto

### Polea

- Material: duraluminio
- Ancho 45 mm
- Diámetro 100mm

Figura 33. Plano polea diseñada

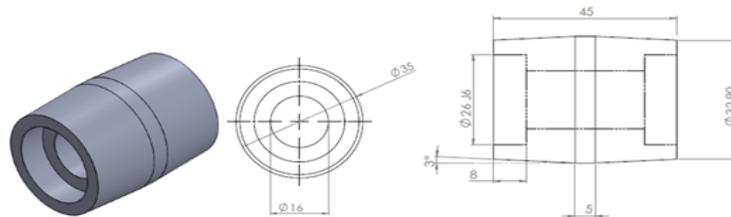


Fuente: Autor proyecto

### Rodillo

- Material: duraluminio
- Ancho 45 mm
- Diámetro 35mm

Figura 34. Plano rodillo diseñado



Fuente: Autor proyecto

- **Diseño partes cámaras**

En el diseño original Sacmi la cámara de inspección está sujeta en la entrada del tambor de calidad gracias a un soporte adecuado para ella y creado para su posición en la geometría de la máquina.

- Se diseña un soporte tipo brazo para que la cámara sea ubicada en la posición correcta y no afecte el recorrido de la tapa.



#### 4.5.4.1 Pasos generales para simular esfuerzos en un mecanismo en el módulo workbench ANSYS 14.5.

Paso 1: Colocar el programa en modo estático estructural.

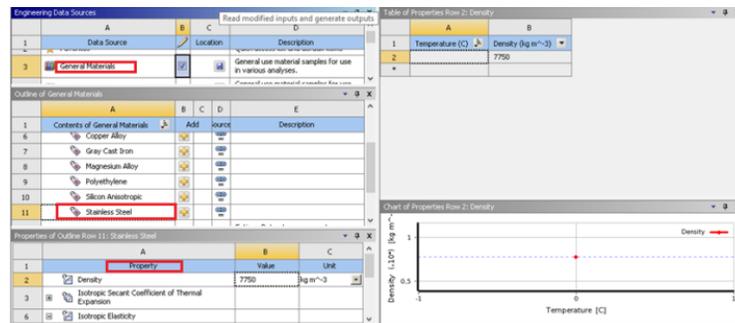
Figura 37. Ventana ANSYS, modo estructural



Fuente: Autor proyecto

Paso 2: Digitar los datos de ingeniería, tales como material, propiedades mecánicas, etc.

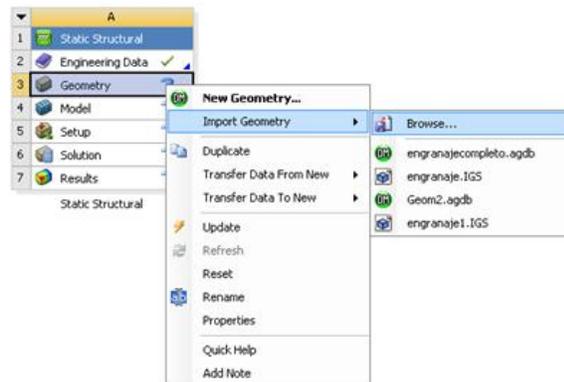
Figura 38. Ventana ANSYS, datos de ingeniería



Fuente: Autor proyecto

Paso 3: Encontrar la geometría que se desea analizar, ya sea por medio de una importación desde SOLIDWORKS o AUTOCAD u otros programas con referencia (.iges, .dwg, etc), o dibujando la geometría desde el entorno de ANSYS.

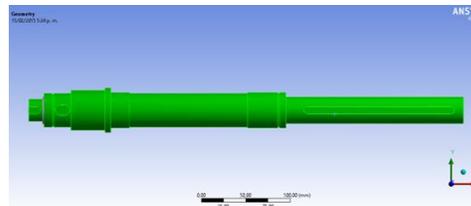
Figura 39. Ventana ANSYS, importación de datos.



Fuente: Autor proyecto

Paso 4: seleccionar sistema coordinado y seleccionar las caras a analizar.

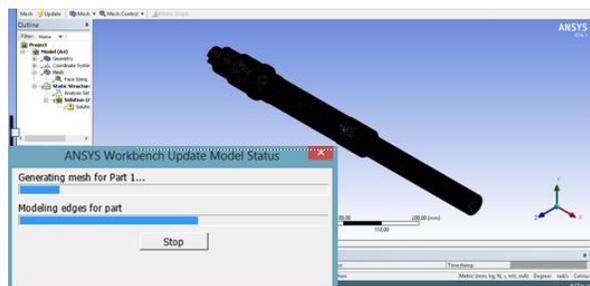
Figura 40. Ventana ANSYS, selección de caras.



Fuente: Autor proyecto

Paso 5: Enmallar las superficies seleccionadas.

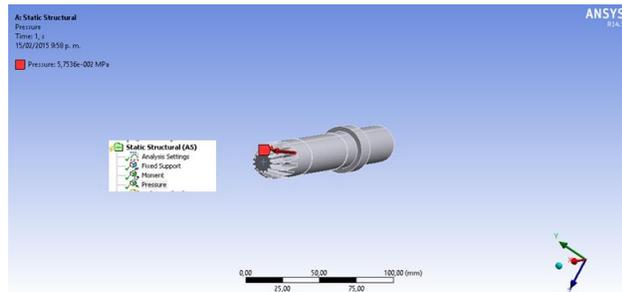
Figura 41. Ventana ANSYS, enmallado.



Fuente: Autor proyecto

Paso 6: posicionar puntos de apoyo, dirección y magnitud del vector fuerza, en la sección STATIC STRUCTURAL (AS)

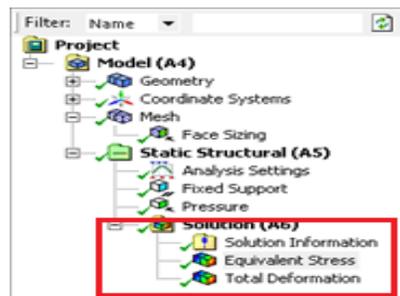
Figura 42. Ventana ANSYS, posicionamiento de fuerzas.



Fuente: Autor proyecto

Paso7: Ir al solucionador y verificar esfuerzo equivalente y deformación total.

Figura 43. Ventana ANSYS, procedimiento de solución



Fuente: Autor proyecto

#### 4.5.4.2 Simulación del eje motriz (eje 1)

Lo primero que hay que tener en cuenta es el torque que genera el manorreductor entonces, según el catálogo de motores SEW el par de salida es 67 NM, pero remitiéndonos al libro de (Diseño de shigley-[45].) se plantea lo siguiente:

$$\text{TORQUE} = \text{POTENCIA (W)} \times 9,52/\text{RPM}$$

$$\text{TORQUE} = 1100 \text{ W} \times 9,52 / 142$$

$$\text{TORQUE} = 73.7 \text{ NM.}$$

Con este parámetro se comienza el análisis requerido para la simulación de las fuerzas actuantes en los engranajes cónicos, según (shigley's mechanical engineering), se necesitan las fuerzas (tangencial-FT, radial-FR, axial-FA) que son las actuantes la superficie del diente cónico.

La fuerza tangencial es entonces igual a ( $F_T = 2T/D$ , en donde D es el diámetro primitivo (modulo x número de dientes), la fuerza radial es ( $F_r = F_t \cdot \text{Tg}\phi \cdot \cos\beta$ ) y la fuerza axial ( $F_a = F_t \cdot \text{Tg}\phi \cdot \text{sen}\beta$ ) de donde  $\phi$  y  $\beta$  corresponden al ángulo de presión normal y al ángulo del presión del piñón.

En el software ANSYS para analizar los esfuerzos en las piezas, se requiere entender cuál es el área de contacto de la fuerza, los puntos de apoyo y en qué cara se aplican los momentos adecuadamente.

Lo siguiente en la simulación del eje 1 es definir las propiedades del material en este caso es un acero 4140 el cual tiene:

Tabla 12. Propiedades mecánicas del material

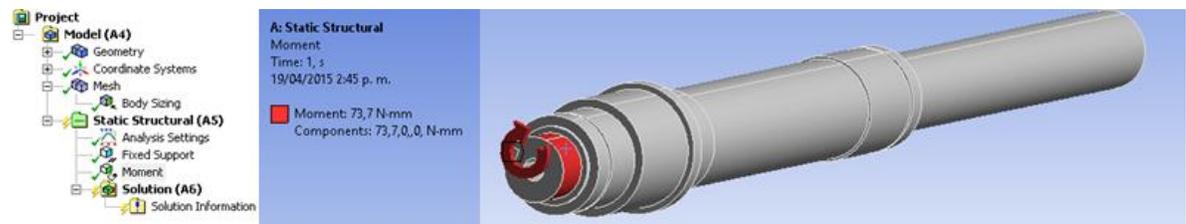
<b>Propiedades mecánicas:</b> Dureza 275 – 320 HB (29 – 34 HRc)
<b>Esfuerzo a la fluencia:</b> 690 Mpa (100 KSI)
<b>Esfuerzo máximo:</b> 900 – 1050 Mpa (130 – 152 KSI)
<b>Módulo de elasticidad:</b> 210 MPA
<b>Propiedades físicas:</b> Densidad 7.85 g/cm <sup>3</sup> (0.284 lb/in <sup>3</sup> )

Fuente: Sumitec

Siguiendo los pasos de la simulación lo siguiente es posicionar los puntos de apoyo y puntos de aplicación de la fuerza, por supuesto los pasos 1, 2 y 3 ya deben estar desarrollados.

Se necesita aplicar la dirección y magnitud del vector fuerza, se posiciona el momento de 73.7 NM en la cara del eje donde se conecta el motorreductor, las coordenadas son (73, 7, 0,0)

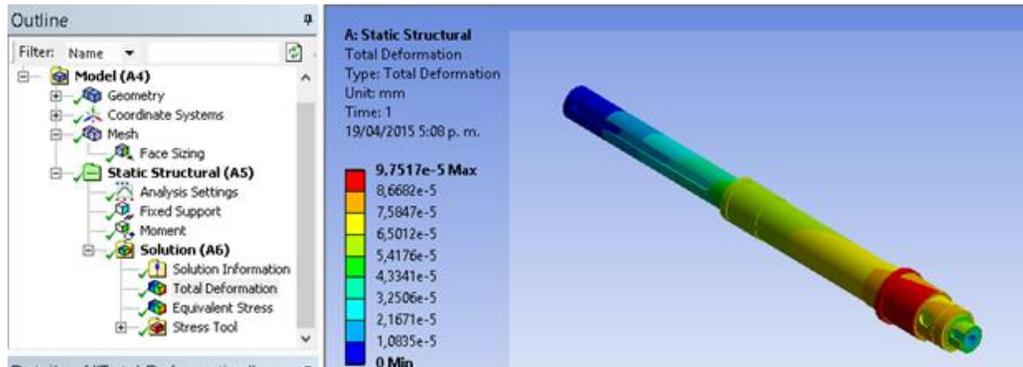
Figura 44. Ventana ANSYS, posicionamiento de fuerzas eje 1



Fuente: Autor proyecto

Posteriormente se procede a efectuar la solución.

Figura 45. Ventana ANSYS, deformación total eje 1



Fuente: Autor proyecto

Se tienen los siguientes resultados de la simulación, la deformación total del eje es menos de 1mm y el factor de seguridad es (15) mayor que 1, lo que garantiza el correcto funcionamiento del eje sin falla prematura.

Figura 46. Ventana ANSYS, esfuerzo total eje 1



Fuente: Autor proyecto

El esfuerzo equivalente de von- mises es 0,0971 MPA, muy por debajo del esfuerzo de fluencia.

#### 4.5.4.3 Simulación eje 2

Según (Diseño de shigley-[45].) Para el análisis de las fuerzas actuantes en un engranaje cónico se necesitan las fuerzas (tangencial, radial, axial, - figura 50).

La fuerza tangencial o  $FT = (2 \cdot XT) / (M \cdot x \cdot Z)$ ;  $FT = (2 \cdot X73,7) / (1.5)(13) = 7,55 \text{ NM}$ .

Ahora conociendo FT, se puede conocer el valor de la fuerza FR Y FA.

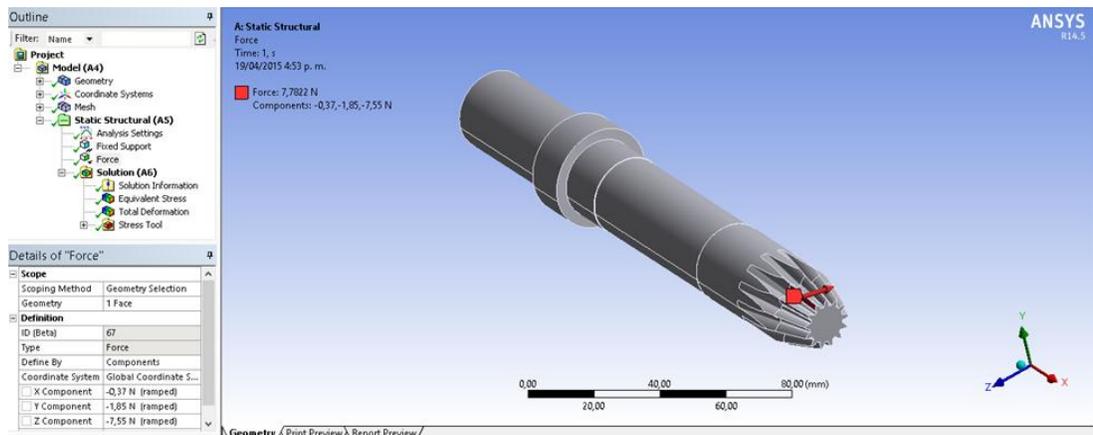
$$FR = Ft \cdot Tg\phi \cdot \cos\beta = (7,55 \times (Tg 14,03) \times (\cos 11,5)) = 1,85 \text{ NM}$$

$$(FA = Ft \cdot Tg\phi \cdot \sen\beta) = (7,55 \times (Tg 14,03) \times (\sen 11,5)) = 0,37 \text{ NM}$$

La fuerza de contacto en el diente se descompone en 3 vectores representados en los ejes coordenados (x, y, z), en ANSYS se descompone esta fuerza por componentes (0,37, 1,85, 7,55)

El paso a seguir es aplicar los puntos de apoyo y el posicionamiento de la fuerza de contacto en la pieza, por supuesto los pasos 1, 2 y 3 ya deben estar desarrollados.

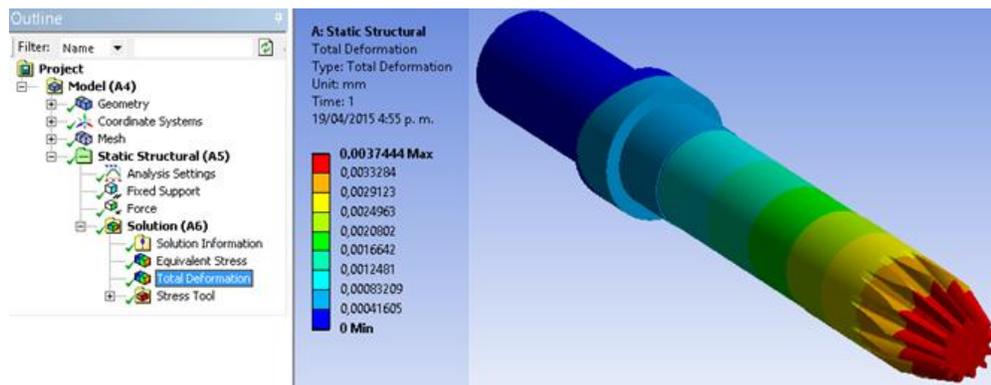
Figura 47. Ventana ANSYS, posicionamiento de fuerzas eje 2



Fuente: Autor proyecto

Posteriormente se procede a efectuar la solución.

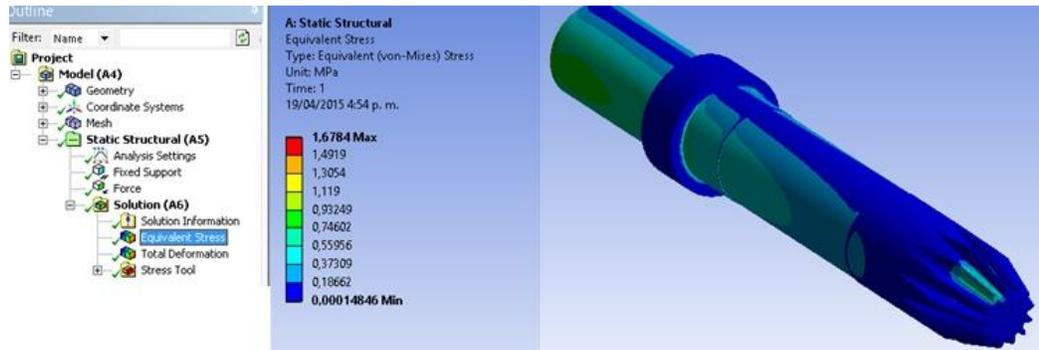
Figura 48. Ventana ANSYS, deformación total eje 2



Fuente: Autor proyecto

Se tienen los siguientes resultados de la simulación, la deformación total del eje es menos de 1mm y el factor de seguridad es (15) mayor que 1, lo que garantiza el correcto funcionamiento del eje sin falla prematura.

Figura 49. Ventana ANSYS, esfuerzo total eje 2



Fuente: Autor proyecto

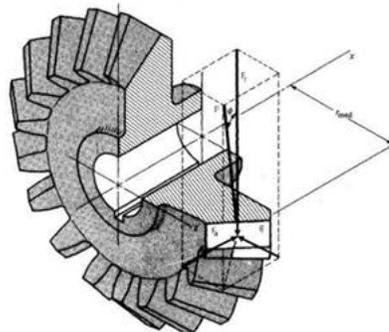
El esfuerzo equivalente de von- mises 1,67 MPA , muy por debajo del esfuerzo de fluencia.

#### 4.5.4.4 Simulación piñón cónico recto Z=52

En el diseño de un piñón planteado por (Diseño de shigley-[45].) se plantea que las fuerzas actuantes en el piñón son tangenciales, radiales y axiales, estas se aplican sobre el área del diente.

Figura 50. Fuerzas actuantes en un piñón cónico-recto

Donde: F = Fuerza actuante total  
 $F_t$  = Fuerza tangencial  
 $F_r$  = Fuerza radial  
 $F_a$  = Fuerza axial  
 $\beta$  = Angulo de presión del piñón  
 $\phi_t$  = Angulo de presión transversal  
 $\phi_n$  = Angulo de presión normal  
 $\phi$  = Angulo de presión  
 $\alpha$  = Angulo de presión de la rueda



Fuente: Diseño de shigley-[46].

Este análisis es el mismo realizado para la simulación del eje 2, entonces:

La fuerza tangencial o  $FT = (2 \cdot XT) / (M \cdot XZ)$ ;  $FT = (2 \cdot 73,7) / (1,5)(52) = 1,89 \text{ NM}$ .

Ahora conociendo  $FT$ , se puede conocer el valor de la fuerza  $FR$  Y  $FA$ .

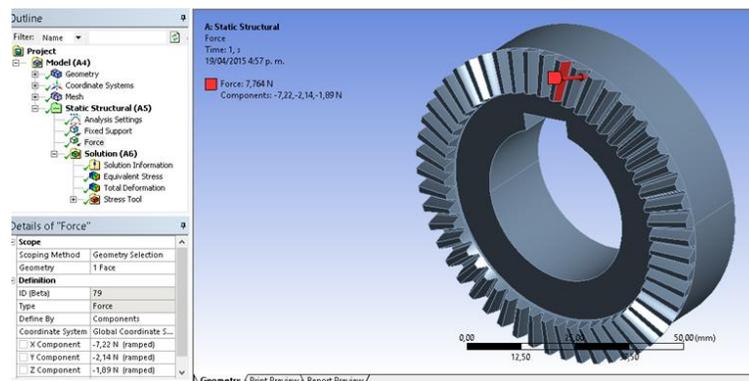
$FR = Ft \cdot \text{Tg} \phi \cdot \cos \beta = (1,89 \cdot \text{Tg } 75,96) \cdot (\cos 73,47) = 2,14 \text{ NM}$

$(FA = Ft \cdot \text{Tg} \phi \cdot \text{sen} \beta) = (1,89 \cdot \text{Tg } 75,96) \cdot (\text{Sen } 73,47) = 7,22 \text{ NM}$

Luego de conocer las fuerzas se descompone en vectores (7,22, 2,14, 1,89)

Lo siguiente es proceder al paso 1, 2 y 3 de la simulación para posteriormente en ANSYS fijar puntos de apoyo y aplicación de las fuerzas como se muestra a continuación.

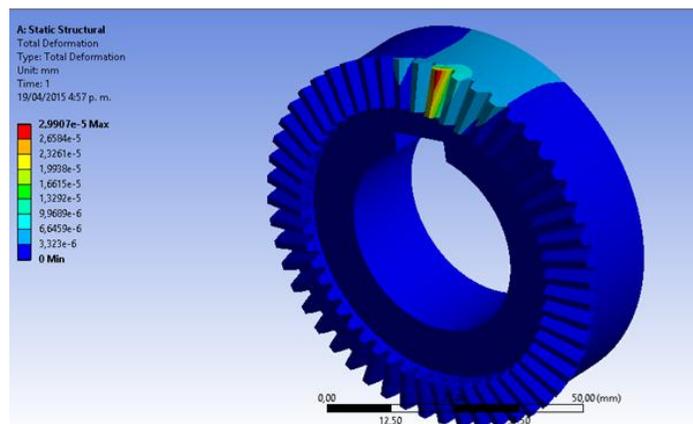
Figura 51. Ventana ANSYS, Aplicación de fuerzas actuantes en diente



Fuente: Autor proyecto

Lo siguiente es conocer la deformación y el esfuerzo equivalente de (Von – Mises)

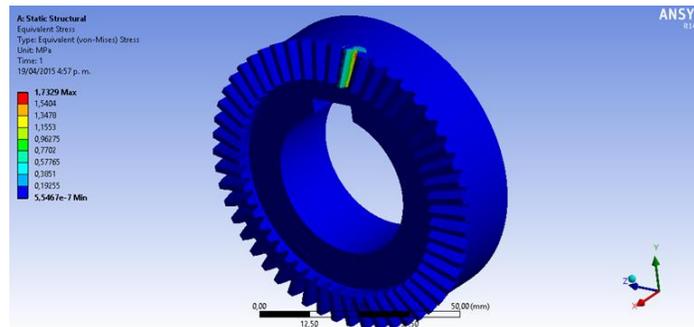
Figura 52. Ventana ANSYS, deformación total piñón



Fuente: Autor proyecto

Se tienen los siguientes resultados de la simulación, la deformación total del eje es menos de 1mm y el factor de seguridad es (15) mayor que 1, lo que garantiza el correcto funcionamiento del eje sin falla prematura.

Figura 53. Ventana ANSYS, esfuerzo total piñón



Fuente: Autor proyecto

El esfuerzo equivalente de (von- mises) es 1,73 MPA, muy por debajo del esfuerzo de fluencia.

Según el criterio de Von-Mises, las tensiones resultantes que están en función del esfuerzo en todos los ejes del sistema (x, y, z), se representa mediante una magnitud física proporcional a la energía de distorsión (energía de deformación elástica), en ingeniería estructural se usa este criterio en el contexto de teorías de fallo, como indicador de buen diseño de materiales.

En la simulación se evidencia que el esfuerzo producido por el torque es mucho menor que el esfuerzo máximo de fluencia del material, esto garantiza un buen funcionamiento sin falla por un largo periodo de tiempo.

#### 4.5.5 Condiciones técnicas para los servicios requeridos

Durante un proyecto efectuado en las instalaciones de la cervecería Bavaria se debe gestionar una serie de condiciones técnicas para que los servicios que se solicitan a las empresas contratantes sean efectivos y con gran confiabilidad.

Como se mostró en los anteriores capítulos, en el diseño del sistema revisor está contemplada la correcta distribución en planta de la máquina, así como todos los problemas que se pueden presentar ya sea para el operario o que afecten la integridad del producto.

Para el correcto funcionamiento del sistema Bavaria requiere contratar los servicios de: Adaptación de las instalaciones dedicadas a revisar producto no conforme, ajustando la estructura soporte para línea de revisión junto con sus componentes y el servicio de Migración de CPU y adecuación de componentes eléctricos-neumáticos en línea de revisión, ajustando programación.

Las condiciones que Bavaria exige a las empresas contratistas serán evidenciadas en el (anexo b) al final de documento, sin embargo estas son las más importantes:

- El PROVEEDOR debe suministrar planos generales de la estructura modificada y su correspondiente distribución en la planta tras haber realizado el trabajo solicitado.
- El PROVEEDOR ganador de esta licitación debe entregar a Bavaria un listado de materiales para realizar todo el servicio requerido, en un plazo máximo de 5 días después de ser aprobada la orden de compra.
- El PROVEEDOR suministrará mano de obra, herramientas, materiales e insumos en un documento llamado “cuadro de cantidades y precios” dejando claro que los bienes no consumibles serán responsabilidad de Bavaria, se trabajara en fábrica de tapas cervecera Bavaria en un tiempo máximo de 15 días calendario.

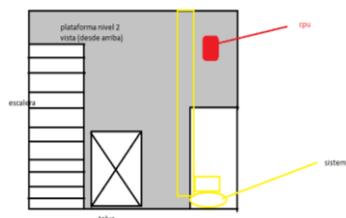
A continuación se dan detalles de los servicios requeridos a las empresas contratistas, en el (anexo b) se detallan las licitaciones realizadas para la ejecución de los servicios.

#### 4.5.5.1 Detalles y actividades del servicio requerido para la instalación mecánica en línea de revisión actual

Descripción de las actividades requeridas para la adaptación de las instalaciones dedicadas a revisar producto no conforme, estructura soporte para línea de revisión junto con sus componentes.

1. Desmontaje de la primera banda transportadora: situada al costado derecho de la estructura principal de la línea de revisión.
2. Modificación de plataforma parte superior:
  - 2.1. Eliminación de la segunda escalera de acceso , adecuación de lámina correspondiente a la eliminación de la escalera
  - 2.2. desmontaje de lámina en una sección de la plataforma recuperando el material existente (originado en el desmontaje de la lámina y en la adecuación de la plataforma de operación item6, se anexa el diseño esquemático de la situación, el contratista debe tomar las medidas correspondientes a la adecuación pertinente siguiendo principalmente el diseño planteado).

Figura 54. Guía de acción para modificar plataforma parte superior

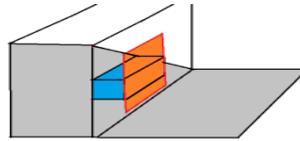


Fuente: Autor proyecto

- 2.3. adecuación de Barandas

- 2.4. soportaría y tablero (de control) en escalera modificada. Las dimensiones del tablero se ajustan en campo.

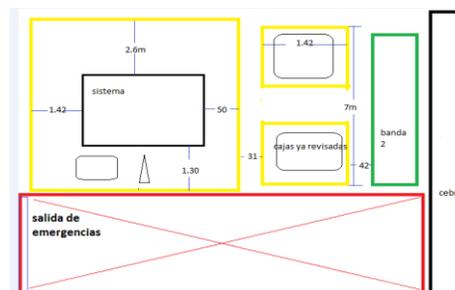
Figura 55. Guía para la ubicación del tablero de mando



Fuente: Autor proyecto

3. Traslado de estructura principal hacia el sitio indicado, nivelación, anclaje de estructura, adecuación del piso.

Figura 56. Esquema requerido para el montaje de la maquina revisora



Fuente: Autor proyecto

4. Adecuación de banda transportadora existente:
  - 4.1. Desmontaje de componentes actuales
  - 4.2. fabricación y montaje de divisor (paletizadora), bandeja colectora de tapa salida del sistema revisor. ( la paletizadora será idéntica a la de la maquina ensambladora HC)
- 4.3. adecuación correcta de la base para las dos cajas que recibirán la tapa, se modificara la altura del transportador a la entrada y salida con relación a la base para el llenado de tapa. Esta base se desmontara en el primer ítem titulado "Desmontaje de primera banda transportadora situada al costado derecho de la estructura principal de la línea de revisión."
5. Adecuación de transportador existente: Instalación de tolva y dosificador (suministrados por Bavaria) en transportador tipo jirafa existente en fábrica de tapas para la subida de tapa; reducción , adecuación de alimentación y puesta en funcionamiento
6. Adecuación y montaje de plataforma de operación para línea de revisión:

Actualmente se sitúa en todo el trayecto de la línea, se necesita modificar para el óptimo funcionamiento del sistema, la modificación consiste en adecuar la escalera para el operario.

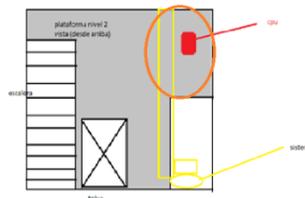
- El resto de la estructura utilizarla para el desarrollo del ítem 2.2 en donde se especifica “Modificación de plataforma parte superior. Recuperando material existente”.

#### 4.5.5.2 Detalles y actividades del servicio requerido para la instalación eléctrica en nueva línea revisora

Descripción de las actividades requeridas para la Migración de CPU y adecuación de componentes eléctricos-neumáticos en línea de revisión, ajustando programación.

1. Desconexión y desmontaje de CPU y fuente para su reubicación. (se darán detalles en la visita)
2. Montaje de CPU en sitio indicado: el proveedor debe garantizar la alimentación, control y distribución correcta e idónea (CPU y ductos de cableado) en la nueva ubicación,
  - Debe contemplar el cableado que ya está en uso, para las conexiones de (sensor, encoder y cámaras) y si no es posible utilizar el material existente debe justificar la compra del nuevo cableado y anexarlas en el valor de la cotización final).

Figura 57. Guía del sitio indicado para la migración



Fuente: Autor proyecto

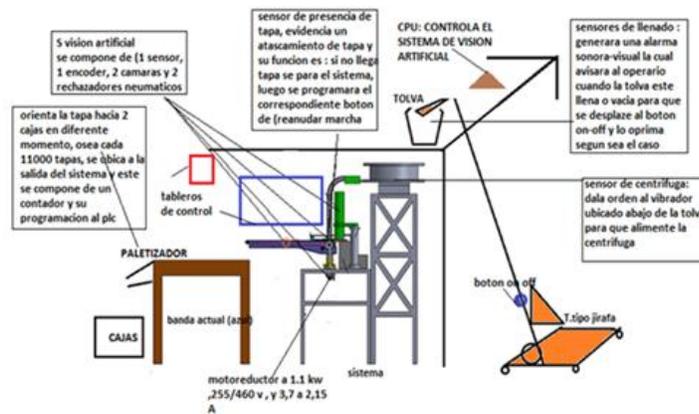
3. Fuerza y control para motor de 1.1kw a 266/440 v y 2,6 a 6 A, el proveedor debe garantizar la correcta alimentación, protección adecuada, ubicación correcta e idónea en el tablero y controles específicos para este motor.) (se darán detalles en la visita)
4. Montaje de componentes eléctricos-neumáticos:

4.1. tendido de cable y programación de: sensores, contadores, pulsadores, Alarmas, alarmas sonoras-visuales y electroválvula, el proveedor debe garantizar el tipo de cable preciso para la función específica, así como el tamaño efectivo de los sensores de acuerdo a la función deseada (ejemplo : m12 inductivo), el tipo de contador, el tipo de electroválvula así como cada componente eléctrico existente, debe confirmar las cantidades necesarias de cada componente, y de ser faltante

algún componente justificarlo diciendo su función a cumplir . (Se anexa guía esquemática)

4.2. programación específica y ubicación en la línea revisora ( tolva, centrífuga, estrella y banda de salida se anexa una guía para la instalación en el sistema y sus componentes); esto para programar en PLC cada componente de acuerdo a su función específica ( se darán detalles del funcionamiento del sistema en la visita programada para que el proveedor genere la programación de acuerdo a la necesidad)

Figura 58. Esquema principal para guiar el servicio de: Migración de CPU y adecuación de componentes eléctricos-neumáticos en línea de revisión, ajustando programación



Fuente: Autor proyecto

5. Montaje de componentes neumáticos: el proveedor debe contemplar las dimensiones ideales de los racores, las mangueras, las válvulas y Tuberías para garantizar un caudal de aire efectivo.
6. Adaptación de control y fuerza en tablero MODIFICADO ( de todos los componentes incluye PLC)
7. Acondicionamiento de todos los componentes del sistema y de las instalaciones (fuentes de energía, fuente de aire, válvulas, tubería, distribución. Confirmar: Conexiones, programación PLC y pruebas generales.

Los planos (neumático, conexiones entradas y salidas digitales al plc, bornas, motores y demás componentes), que se crearon tras el ajuste eléctrico y neumático para el servicio requerido se ven con detalle en el (anexo a.).

## 5. EVALUACIÓN DE COSTOS

En las practicas RAMS propuestas en el departamento de ingeniería de cervecería Bavaria para cualquier proyecto se establece que en las primeras dos fases se realice una estimación del costo total del proyecto especificando cada servicio requerido y sus normas de seguridad; la razón es que cada área en la fábrica(ensado, tapas, cocinas, etc.) maneja un presupuesto ya establecido por la dirección general de la planta, este para las labores de mantenimiento y demás; por supuesto los recursos monetarios son propios, pero se necesita la autorización del director de planta para la aprobación de las compras ya que el costo del proyecto sale del presupuesto del área de fábrica de tapas.

En campo se creó un caso de negocio, este se presentó al director de planta mediante su debido proceso y fue aceptado el dinero para la financiación. Sin embargo la segunda parte de este objetivo trata una evaluación financiera que no se realizó en la empresa, pero que garantiza la rentabilidad del proyecto pues se manejan 2 métodos financieros de análisis basados en el valor del egreso y en (VPN Y TIR a partir de escenarios).

El costo del proyecto se divide en varias partes pues maneja varias contrataciones y por ende diferentes precios, en la siguiente figura se evidencia el costo total del proyecto, junto con un desglose de esta para entender la situación.

Figura 59. Costo total del proyecto

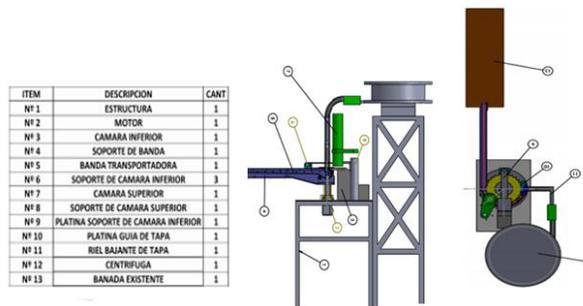
FABRICACIÓN DE MECANISMOS DISEÑADOS PARA LÍNEA DE REVISIÓN.	PESOS COL
PLANOS DE TALLER Y MECANIZADOS.	7'000.000
REPUESTOS.	1'000.000
<b>TOTAL</b>	<b>8'000.000</b>
ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEDICADAS A REVISAR PRODUCTO NO CONFORME, AJUSTANDO LA ESTRUCTURA SOPORTE PARA LÍNEA DE REVISIÓN JUNTO CON SUS COMPONENTES.	PESOS COL
INSTALACIÓN, MODIFICACIÓN DE PLATAFORMAS, ANCLAJES, ADECUACIONES Y PUESTA EN MARCHA.	12'000.000
CONTINGENCIA 3%	360.000
<b>TOTAL</b>	<b>12'360.000</b>
MIGRACIÓN DE CPU Y ADECUACIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS-NEUMÁTICOS EN LÍNEA DE REVISIÓN, AJUSTANDO PROGRAMACIÓN.	PESOS COL
MOTOREDUCTOR, CABLEADO, CONTROLES, PROGRAMACIÓN, INSTALACIÓN DE COMPONENTES NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS, MODIFICACIONES ADECUACIONES Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.	15'000.000
CONTINGENCIA 3%	450.000
<b>TOTAL</b>	<b>15'450.000</b>
SISTEMA SACMI	PESOS COL
CÁMARA A COLOR PARA INSPECCIÓN DE LITOGRAFÍA	8'920.000
FLETE	669.500
IMPUESTOS	1'205.100
ADUANA	669.500
<b>TOTAL</b>	<b>11'854.100</b>
<b>TOTAL TOC- FABRICA DE TAPAS</b>	<b>47'664.100</b>

Fuente: Autor proyecto

- ✓ Costo del servicio de fabricación de piezas: el costo de este servicio es de ocho millones de pesos y consta de:

Montaje de sistema de revisión basado en visión artificial. (El sistema de visión artificial lo proporciona SACMI y actualmente se cuenta con esta programación; el montaje consiste en la adaptación de un sistema mecánico que armonice con la automatización requerida para la llegada y la salida de tapa. La firma contratista estará encargada de la fabricación e instalación de las 34 piezas diseñadas que conforman el sistema. En el (anexo b) se observa la lista de materiales requerida para el montaje, los planos generales y licitaciones.

Figura 60. Ensamble general de línea de revisión (diseñado)



Fuente: Autor proyecto

- ✓ Costo del servicio mecánico: : el costo de este servicio es doce millones trescientos sesenta mil pesos y consta de:

Modificación instalaciones y estructura de la línea de revisión actual, se desanclara la estructura principal existente del suelo y se desplazara hacia la posición indicada, para garantizar la distribución de todos los componentes mecánicos automatizados; no existirán peligros con el operario y se garantizara el espacio de trabajo.

La estructura se adecuara de la siguiente manera:

- Desmontaje de segunda escalera
- Adecuación y montaje de primera escalera
- Adecuación de plataforma parte superior Adecuación de plataforma de operación

Figura 61. Línea a modificar



Fuente: Autor proyecto

- ✓ Costo del servicio eléctrico: el costo de este servicio es de quince millones cuatrocientos cincuenta mil pesos y consta de:

Se trasladara el sistema de revisión Sacmi situado en la ensambladora 6, y se ubicara en la nueva línea de revisión, se automatizara el sistema mecánico diseñado; ajustando la programación, el control y la fuerza para los componentes eléctricos-neumáticos (motorreductor, sensores, contadores, pulsadores, Alarmas, alarmas sonoras-visuales y electroválvula.)

Acondicionamiento de todos los componentes del sistema y de las instalaciones (fuentes de energía, fuente de aire, válvulas, tubería, distribución. Conexiones, programación PLC y pruebas generales (fig.39).

- ✓ Costo cámara Sacmi: el costo de esta cámara con impuestos incluido es de once millones ochocientos cincuenta y cuatro mil cien pesos y consta de:

Es necesario adquirir esta cámara puesto que la anterior se encuentra dañada. La cámara es para revisar litografía por ende es más costosa que la cámara en blanco y negro para liner y corona.

Figura 62. Cámara Sacmi solicitada



Fuente: Autor proyecto

## 5.1 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

Este estudio consta de dos partes, en la primera se realiza una evaluación financiera desde el punto de vista del egreso únicamente, en la segunda se aplica evaluación por VPN y TIR a partir de escenarios; en el (anexo c) se muestran todos los cálculos creados en Excel.

El presente análisis se realiza desde el punto de vista de costos y de pérdidas en inventarios retenidos. La empresa maneja un sistema de costeo por proceso, lo que hace difícil el cálculo o estimación de un ingreso fijo dentro del proceso a mejorar desde el punto de vista financiero. El objetivo o impacto final que busca el proyecto es reducir el producto no conforme, por tratarse de una alternativa donde los beneficios son difíciles de estimar se juzga de acuerdo a sus valores anuales negativos o de acuerdo a sus costos anuales equivalentes, por tanto es conveniente ignorar la convención de signos negativos y comparar las alternativas en base al valor absoluto de los costos. (Coss Bu, 1998-[46].)

A continuación se presenta el flujo de efectivo anual aproximado, solo incluyendo la información directa dada por la empresa.

Tabla 13. Flujo de efectivo anual aproximado

	Situación financiera sin proyecto	Situación financiera con proyecto
Inversión Inicial	-	\$47'664.100
Gastos anuales en mano de obra	\$48'000.000	\$16'000.000
Egreso por Producto no conforme aproximado anual	\$693'000.000	\$103'680.000
Total Costos	\$741'000.000	\$167'344.100

Fuente: Autor proyecto

En la tabla el egreso por producto no conforme aproximado anual, se saca según la cantidad que está acumulada, de cuatro meses, se multiplica por tres para sacar la aproximada anual, el segundo valor según la efectividad (95%), (la tabla 13) presenta que la empresa sin el proyecto en marcha mantiene altos gastos anuales en mano de obra, para el proceso necesita tres trabajadores, de otro lado al implementarse el proyecto los costos se reducen en 66%.

Dentro del egreso por producto no conforme, que son las unidades retenidas, se puede analizar que es el mejor factor para proceder a invertir en el proyecto pues las cifras aproximadas de efectividad reducen de manera significativa las unidades y por lo tanto el egreso.

A partir de este punto se plantean escenarios que permiten evaluar el proyecto a ejecutar. Para esto se toman los costos aproximados de producción anual y como ingreso se asume el mínimo margen de rentabilidad que el proyecto pueda generar sobre el total de los costos, en este caso será del 1% para todos los escenarios (Murcia M., y otros, 2011-[47].) Ahora bien, se presenta incertidumbre al saber el costo de capital o costo de oportunidad que maneja la empresa, por lo tanto, se asumen tres posibles escenarios; cuando se espera que el proyecto rente el 20%, el 25% y el 50%, posteriormente en cada escenario se busca analizar el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Rentabilidad.

#### Escenario 1

Tabla 14. Variables de referencia para el escenario 1

DTF =	4,19%	e.a.
TO=	20,0%	e.a.
TIO=	25,03%	e.a.

Fuente: Autor proyecto

El empresario espera que anualmente el proyecto rente 20%, pero teniendo en cuenta la tasa de interés promedio del mercado financiero o DTF, si llegase a necesitar financiación del proyecto. (Mokate, 2004- [48].)

Tabla 15. Solución para el escenario 1

Escenario 1	Calculo de VP, VPN Y TIR			
AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	VALOR PRESENTE	TASA DE INTERÉS	25,03%
0	\$ (47.664.100,00)	(\$ 47.664.100,00)		
1	\$ 20.736.000,00	\$ 16.585.084,94		
2	\$ 20.736.000,00	\$ 13.265.096,57		
3	\$ 20.736.000,00	\$ 10.609.700,68		
4	\$ 20.736.000,00	\$ 8.485.859,71		
5	\$ 20.736.000,00	\$ 6.787.167,45		
	VPN	\$ 8.068.809,36		
	Prueba	\$ 8.068.809,36		
	TIR	33,08%		

Fuente: Autor proyecto

Siguiendo este escenario se presenta un valor presente neto positivo, este indica la resta al valor presente de los futuros flujos de caja, el valor de la inversión inicial. Dado que el proyecto es como una empresa, puede afirmarse que sus flujos de caja deben descontarse a la tasa de oportunidad del proyecto. (León García, 2009- [49].)

Si el proyecto mantiene un VPN >0 como en este caso, se puede afirmar que en este escenario el proyecto rinde a un tasa superior al costo de capital o costo de oportunidad, por lo tanto agrega valor a la empresa en su totalidad.

Por otra parte, el análisis de la Tasa Interna de Retorno, la cual hace equivalentes los ingresos y los egresos con el fin de obtener el mínimo cubrimiento de costos, muestra que es mayor al costo de capital planteado (20% < 33.08%) y es aceptable invertir, en otros términos evalúa solamente la rentabilidad de la inversión a lo largo del tiempo.

#### Escenario 2

Siguiendo el flujo de caja anterior se cambia la tasa de oportunidad de la empresa.

Tabla 16. Variables de referencia para el escenario 2

DTF =	4,19%	e.a.
TO=	25%	e.a.
TIO=	30%	e.a.

Fuente: Autor proyecto

En este caso aumentando el costo de oportunidad del empresario, el VPN sigue siendo positivo mayor a cero lo que significa que el proyecto sigue generando rentabilidad. Se presenta el mismo valor para la TIR de 33,08% pues como ya se ha mencionado, mide lo que genera únicamente la inversión, en este punto es buena decisión invertir en el proyecto.

### Escenario 3

Tabla 17. Variables de referencia para el escenario 3

DTF =	4,19%	e.a.
TO=	27,8%	e.a.
TIO=	33,15%	e.a.

Fuente: Autor proyecto

Para el tercer escenario, partimos de una TIR ya calculada 33,08%, por lo que el costo de capital o de oportunidad no puede ser mayor al 27,7% pues el proyecto ya no generaría un VPN positivo y la tasa interna de retorno sería menor que la tasa interna de oportunidad, lo que significa en este caso que a partir de un costo de oportunidad del 27,8% a una tasa de rentabilidad del 1%, el proyecto ya no sería rentable.

Luego de determinar los tres escenarios posibles, partiendo del peor supuesto de rentabilidad general, el proyecto es viable y mantiene importantes tasas de rentabilidad, en la mayoría de los casos el proyecto le genera valor a la empresa de forma significativa.

## 5.2 CRONOGRAMA

El siguiente cronograma evidencia la forma de cómo se planteó y desarrollo el proyecto, las actividades que se realizaron en relación a un tiempo planeado de 25 semanas, así como también la responsabilidad de cada persona participante, el cronograma se encuentra dentro de las fases (Fase 1 Y fase 2 en Implementación de la Metodología (RAMS) aplicada a la empresa), junto con los costos del proyecto y el Project charter (carta de proyecto). La importancia de cuantificar tiempo, actividades y recursos empleados radica desde el mismo término de calidad, que se entrelaza con la gestión de un proyecto de ingeniería.

Figura 63. Cronograma de inicio y cierre de proyecto.

AÑO	2014-PERIDO 1																																			
OPTIMIZACIÓN LÍNEA DE REVISIÓN	MES 1		MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			MES 7														
ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25											
especificaciones línea de revisión parte mecánica ( comprendida en 3 fases )	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	diego lovera																									
1 fase: transmisión de potencia	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																										
2 fase: distribución de componentes (2 cámaras en estrella y estructura),			■	■	■	■	■	■	■	■																										
3 Fase: distancias y esquema general , planos generales y modificaciones.				■	■	■	■	■	■	■																										
Especificaciones línea de revisión parte eléctrica							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
Revisión , modificación de planos y aprobación del proyecto											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
LICITACIONES MECANICA Y ELECTRICA													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
ÓRDENES DE COMPRA DE MATERIALES																																				
ELABORACIÓN DE CONTRATOS																																				
Importación de Cámara sacmi desde Italia																																				
FABRICACIÓN PARTES (mecanizado de piezas )																																				
instalación del diseño planteado (tolva, bajante, estrella y banda)																																				
instalación y adaptación mecanica																																				
instalación parte eléctrica (incluye programación PLC y video)																																				
arranque del sistema y comprobación de funcionamiento mecánico																																				
Pruebas Alimentación de tolva y consecución de componentes																																				
pruebas de clasificación de tapas																																				
Capacitación Operarios																																				
Entrega documentación, mantenimiento y capacitacion.																																				

Fuente: Autor proyecto

## 6. CAPACITACIÓN Y MANTENIMIENTO

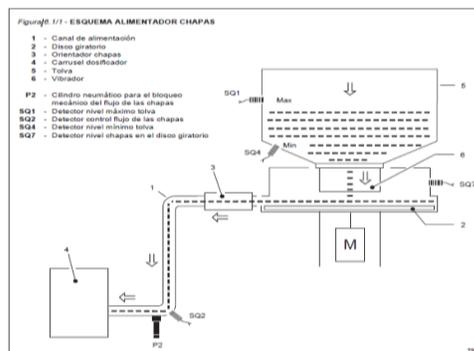
### 6.1 MANUAL DE OPERACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

- **Alimentación de tapas.**

El primer contacto de las tapas al sistema lo hace el operario el cual previamente tiene seleccionada la tapa que ya está procesada y empacada esta posee carácter defectuoso y se retiene para ser revisada, allí el operario llena el transportador tipo-jirafa el cual satura la tolva de arriba que actualmente existente en la estructura. Esta tolva tiene dos sensores de llenado min (SQ4) y alto (SQ1) que dan la señal al operario de apagar el transportador. (Ver figura 39); la función del alimentador es enviar tapas al sistema principal (estrella y disco) correctamente orientadas y con la cantidad justa; esto para que se genere una revisión efectiva, que no se formen atascamientos y que el sistema sea continuo. El alimentador de tapas está compuesto esencialmente por un transportador tipo-jirafa, tolva, centrífuga o (disco giratorio 2) y riel, en el cual se dosifican las tapas provenientes de una tolva 5, colocada por encima, mediante un vibrador 6. Las tapas, por efecto a la fuerza centrífuga, son encaminadas al exterior y, de esta manera, transportadas al canal de alimentación 1. O (riel). En el canal las tapas encuentran un orientador 3, que las hace llegar al carrusel dosificador 4 completamente vueltas con la parte interior hacia arriba. Una condición indispensable para el funcionamiento regular es que el número de tapas sea el correcto en el disco giratorio (pocas tapas provocarían vacíos en la alimentación y demasiadas provocarían obstrucciones.).

Para que la cantidad de tapas colocadas en el disco giratorio sea correcta, es necesario aumentar o disminuir la capacidad de tapas en el vibrador. Para hacer esto es preciso modificar el tiempo de accionamiento o la intensidad de las vibraciones. La condición ideal de estos dos parámetros puede variar según la el barniz y la tinta de las tapas ya que modifican el deslizamiento.

Figura 64. Esquema alimentación de tapas

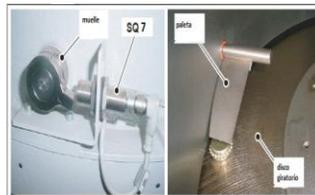


Fuente: Autor proyecto

- **Regulaciones al sistema de alimentación.**

El vibrador 6, que envía las tapas al disco giratorio 2, lo acciona el detector SQ7 (SENSOR INDUCTIVO figura 69), que controla el nivel de las tapas en el disco giratorio. Cuando el detector SQ7 está activado el vibrador no alimenta las tapas. En el momento en que el detector se desactiva, el vibrador emprende alimentar después de un cierto retraso T1, que el operador puede establecer de 0 a 100 décimas de segundo. El vibrador continuará a vibrar hasta que el detector SQ7 no se active otra vez. La cantidad de tapas que descarga el vibrador puede ser también definitiva variando la intensidad de la vibración. En el riel o canal, están instalados varios dispositivos sopladores con oportunos reguladores de caudal. Se recomienda no exceder el caudal del aire de los dispositivos sopladores para ahorrar en el consumo de aire comprimido y, porque un empuje excesivo en las tapas provoca bloqueos momentáneos de las mismas.

Figura 65. Sensor inductivo SQ7

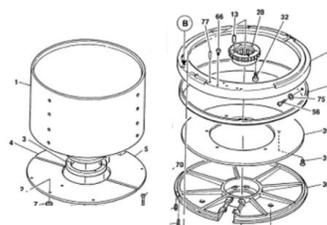


Fuente: Autor proyecto

- **Centrífuga**

Otro elemento que condiciona la salida de las tapas del disco es el número de revoluciones del disco mismo (aprox. 400 rpm). De hecho, las tapas son colocadas en el exterior del disco mediante la fuerza centrífuga y después son arrastradas a lo largo de la periferia hasta salir donde empieza el canal. Es fácil intuir que la deslizabilidad de las tapas condiciona la velocidad del disco buscando el resultado óptimo. Tras haber solicitado el cambio de ingeniería, se utilizará la centrífuga existente en fábrica de tapas (figura 7) o en su defecto una centrífuga marca Sacmi.

Figura 66. Centrífuga marca SACMI

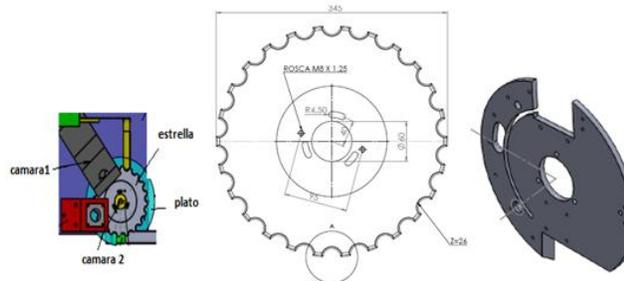


Fuente: Cervecería Bavaria

- **Plato y estrella**

El sistema de video original SACMI trae una configuración de sensor, encoder y cámaras, lo que hace dispendioso que la base del sistema tenga la posibilidad de adaptar la estrella para transportar la tapa cara arriba para que sea posible su sujeción y al mismo tiempo en el soporte de esta estrella un (plato) que relaciona la concentricidad de cada espacio en los dientes de la estrella y el disparo de las cámaras

Figura 67. Vista principal de plato y estrella



Fuente: Autor proyecto

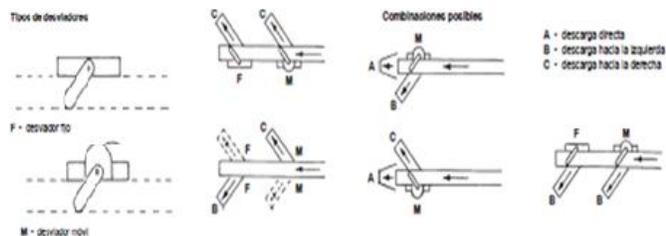
- **Banda transportadora de salida.**

La cinta de salida es el órgano que transporta las tapas a la salida de la máquina, esta banda tendrá dos electroválvulas de rechazo rápido para la expulsión de tapa, se puede utilizar un desviador de tapas fijo y un móvil con accionamiento neumático que pueden instalarse en una de las soluciones indicadas en la figura. Normalmente la posición óptima se define en el momento de instalarlo y según las condiciones del lugar.

- **Regulaciones**

El desviador neumático cambia de posición después de que ha sido contado un cierto número de tapas (es programable, Sistema de video Sacmi); generalmente coincide con el número de tapas contenidas en una caja. Para modificar este número es necesario modificar el valor en el módulo del sistema Sacmi. (CPU)

Figura 68. Configuración de soplos de aire



Fuente: Autor proyecto

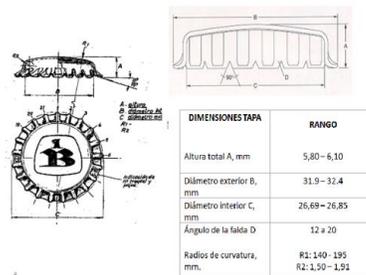
- **Regulación de los soplos de aire**

Las regulaciones deben realizarse siempre verificando y manteniendo una presión mínima de 0,55 MPa .Abrir reguladamente los 2 soplos principales después de la centrifuga de alimentación y a lo largo del canal de alimentación o riel. El último soplo del canal debe regularse de modo que se mantenga la tapa siempre apoyado contra la estrella del carrusel de introducción, evitando la posibilidad de que las tapas reboten hacia atrás a lo largo del canal. No exceder en la capacidad de aire de los soplos, tanto para ahorrar en el consumo de aire comprimido, como por qué un excesivo empuje de las tapas provoca bloqueos momentáneos de los mismos.

### 6.1.1 Características de utilización

Se utilizará Tapa metálica que sella y cierra herméticamente los terminados de las series 500 y 600. Generalmente fabricada en lámina de acero estañada o cromada con un recubrimiento interior y exterior, poseen un disco o anillo interior para asegurar el selle con la superficie del terminado corona.

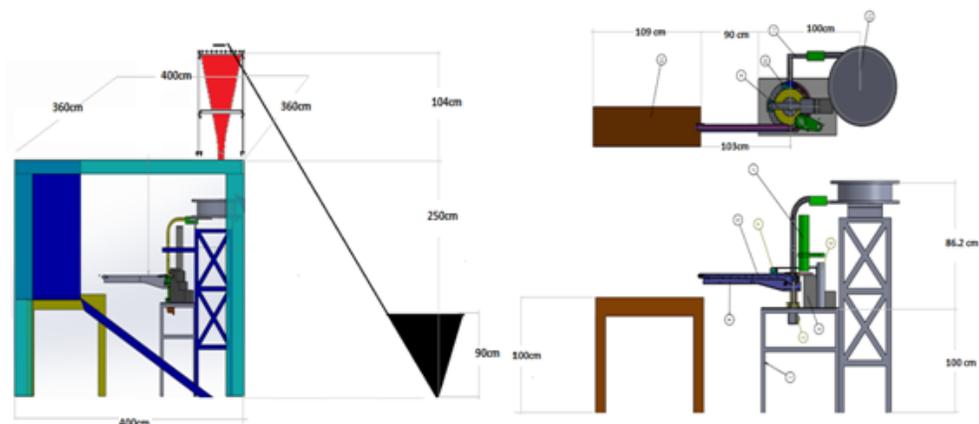
Figura 69. Datos técnicos de la tapa



Fuente: Cervecería Bavaria

### 6.1.2 Dimensiones

Figura 70. Dimensiones generales línea de revisión



Fuente: Autor proyecto

### **6.1.3 Operación**

Es un sistema fácil de operar, básicamente con 2 tableros, en el tablero 1, está la programación del plc (entrada y salida), motores (fuerza y control) y en el tablero 2 un variador de velocidad para la banda transportadora y los botones de mando; el sistema enciende y apaga con una llave ubicada en el tablero 1. Y se controla desde el tablero 2, este tablero tiene un botón encendido y un botón apagado - emergencia.

El sistema de video ya viene programado y sellado se compone de CPU, librerías, dispositivos de captura de imagen y monitor. Para operarlo se requiere remitir al catálogo de funcionamiento del software CVS 3000. Pero la interfaz de usuario del sistema de visión hace amigable la interacción entre operario y máquina.

- El operario tiene la opción de variar la velocidad del motor vibrador y la velocidad de la banda de salida.
- El operario tiene la opción de oprimir el paro de emergencia cuando el sistema lo indique.
- El operario llenara la tolva manualmente desde el piso cada vez que el sistema le informe.
- El operario interactuara con la interfaz de usuario del sistema de visión artificial, podrá modificar parámetros, mirar estadísticas y analizar datos.

### **6.1.4 Arranque**

- lista de chequeo ( puntos claves Para verificar antes de arrancar la maquina )
- Prioridades de revisión para evaluar el estado del sistema en el momento del arranque de línea
- Revise que no haya atascamiento en centrifuga de alimentación.
- Revise que no haya atascamiento en el riel de transporte
- Revise que el sistema tiene alimentación de aire y de electricidad
- Verifique la presión de aire en la entrada del sistema valor mínimo 1 bar
- Verificar botones de visualización para el estado de los motores.
- Revise el estado de la estrella de transferencia (desgastes o rotura de dientes).
- Verifique la calibración del sistema de video para los parámetros a evaluar.

### **6.1.5 Parada**

- Coordine 1/2 hora antes del corte con el supervisor, previamente verifique existencia de polietileno
- Verifique la cantidad de tapa dentro de la tolva, cuando baje el nivel de tapa en 1/3 en la parte baja del cono, el sistema se detendrá solo, para prevenir daños a el producto.
- Aprisione parada de emergencia, esto apaga la máquina, motores, etc., en todo caso verifique visualmente si están apagadas.

- Cierre acometida de aire

### 6.1.6 Limpieza

Durante este mantenimiento es fundamental que tome nota de todos los inconvenientes que se presenten tales como:

- Identifique piezas en mal estado
  - Puntos de difícil acceso
  - Puntos de mayor suciedad
  - Herramientas que hacen falta
  - realice aviso de mantenimiento de las desviaciones encontradas.
- **Procedimientos de aseo**

El orden del aseo debe ser de arriba hacia abajo y de adentro hacia fuera Primero asee fuerte con pistola y luego limpieza minuciosa a mano con: Cepillo, brocha y trapos.

- Limpieza y soplado de la centrifuga
- Limpieza y soplado de riel conductor
- Limpieza y soplado de estrella de transporte.
- Limpieza y soplado de lentes de sistema de video.
- Limpieza de pisos, retales y tapas dañadas.

### 6.1.7 Solución de problemas

Tabla 18. Solución de problemas

ZONA TAPAS	ALIMENTACION	CAUSA	REMEDIO
Atasco en la parte inicial del canal de alimentación		tapas deformadas presentes en el canal	Quitar las tapas deformadas
Atasco de la porción de canal de alimentación situada debajo del orientador.		Empuje excesivo sobre la columna de las tapas en el interior del canal: (excesiva velocidad de rotación del disco de alimentación)	Reducir la velocidad de rotación del disco de alimentación.
El disco giratorio alimenta inconstantemente las tapas al canal de alimentación		Empuje excesivo sobre la columna de tapas dentro del canal: (excesiva presión de los soplos de aire de la alimentación)	Consultar "Regulaciones" Reducción de la presión de los soplos de aire de la alimentación
Falta de introducción de tapas en los huecos de la estrella transportadora.			Mediante válvulas de estrangulación.

	Excesiva cantidad de tapas en el interior del disco giratorio  tapas magullada en el interior del disco giratorio que no pueden entrar en el canal de alimentación  Plancha de deslizamiento de las tapas (con forma de grano de arroz) sucia o desgastada, en la salida del canal de alimentación	Aumentar el tiempo T1 (retraso de la vibración)  Quitar las coquillas magulladas Limpiar o sustituir la plancha de deslizamiento de las coquillas
<b>ESTRELLA</b>	<b>DEFECTO</b>	<b>REMEDIO</b>
Tapas expulsadas por la estrella de salida	Presencia de una o más tapas en el disco porta-imanes  Suciedad de la superficie de deslizamiento de las tapas  Presión insuficiente de alimentación del soplo de aire para la expulsión de las tapas defectuosas	Quitar las tapas que se encuentran en el disco porta-imanes  Limpiar la superficie de deslizamiento  Restablecer el valor mínimo de la presión de alimentación requerida Por la máquina. Consultar el capítulo "Características"

Fuente: Autor proyecto

### 6.1.8 Análisis RAMS

Es una herramienta de análisis para conocer y maximizar el rendimiento y beneficio de su proceso , un análisis RAMS estudia cuatro parámetros esenciales para el desempeño de un proceso: la confiabilidad, la disponibilidad , la mantenibilidad y la seguridad de los distintos equipos que forman parte del sistema, con el fin de optimizar el rendimiento del mismo, minimizar la pérdida de producción debida a fallos y requerimientos de mantenimiento e inspección, e identificar los equipos más críticos para el funcionamiento óptimo del proceso [50].

Lo primero es entender el contexto operacional en el que se desenvolverá el sistema revisor así como la configuración principal que tiene el equipo a continuación se describe esta situación.

Tabla 19. Contexto operacional

LUGAR OPERACIÓN	Tocancipa- fabrica de tapas – Cervecería Bavaria	
TEMPERATURA	19 – 20 G Centígrados	
UBICACIÓN GEOGRAFICA	4° 58´ latitud norte y 73° 55´ longitud oeste.	
ALTURA	sobre el nivel del mar 2.606 metros	
HUMEDAD RELATIVA	40 – 65%	
TIEMPO DE OPERACIÓN	24 horas, 3 turnos 8 horas	
PRODUCCION	1000Tap/min ; 132 cajas día,	
OPERARIOS	1 por turno	
AIRE:	Presión máxima necesaria 1 bar	
POTENCIA	Potencia eléctrica instalada (60Hz) 57.83 KW	
	Potencia eléctrica absorbida hasta 70% Max.	
COMPONENTES ELECTRICOS		
MOTOR CENTRIFUGA	RPM=142 V=220 A=3.45 KW 0.76	
MOTOR VIBRADOR:	V=115 A=0.5 HZ=60	
MOTOR SISTEMA PRINCIPAL	RPM=142 V=220 A=3.45 KW 0.76	
MOTOR BANDA TRANSPORTADORA	RPM=142 V=220 A=3.45 KW 0.76	

Fuente: Autor proyecto

Figura 71 Diagrama de bloques “sistema revisor”



Fuente: Autor proyecto

✓ **Calculo de confiabilidad.**

Lo primero que se tiene que entender en este análisis es como está distribuido el proceso, en este caso es un proceso en serie (figura 71), lo que facilita el cálculo de la confiabilidad del sistema. Tras analizar qué función cumple y que criticidad operativa tiene cada componente del sistema se fijo como meta alcanzar un 94% de confiabilidad para los sistemas semi- críticos y para los críticos un 99% de confiabilidad como se muestra a continuación.

Figura 72. Representación de la criticidad y confiabilidad de cada bloque del proceso.



Fuente: Autor proyecto

Entonces la confiabilidad del sistema en serie o  $R(\text{sis}) = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5$ ;  
 $R(\text{sis}) = (0,94) \times (0,94) \times (0,94) \times (0,99) \times (0,94) = 77 \%$ ;

Es decir el sistema es un 77% confiable, lo que garantiza que la máquina trabaje sin fallar durante toda la operación, el 23 % restante sugiere no confiabilidad en la operación y es el tiempo que puede estar dedicado al mantenimiento.

✓ **Calculo de disponibilidad operacional.**

El siguiente análisis pretende dar a conocer la proporción del tiempo en la que el sistema está disponible para operar correctamente, por lo que se necesita saber cuál es el tiempo total de operación, el tiempo posible de operación y el tiempo en que la maquina estará parada, se tienen los siguientes datos:

**Horas totales de operación: 24 horas/día x 5 día/semana x 48 semana/año = 5760**

**Horas año**

**Horas posibles de operación= 8760 Horas año**

**Horas stand by = 8 horas/semana x 48 semana/año = 384 Horas año**

Entonces,  $D(\text{sis}) = \frac{\text{Horas totales de operacion} - \text{Horas stand by}}{\text{Horas posibles de operacion}}$  ;

$$D(\text{sis}) = \frac{5760-384}{8760} = 61\%;$$

Es decir que del 100% de las horas de operación el sistema está 61% disponible sin que la máquina pare, ni se creen pérdidas de tiempo, lo que genera un 39 % de indisponibilidad que se origina por factores como mantenimiento, materia prima, inspecciones preoperacionales y ajustes en general.

✓ **Calculo de mantenibilidad.**

La mantenibilidad se manifiesta como la probabilidad de que un equipo en fallo sea reparado en un periodo específico de tiempo, por consiguiente es necesario analizar el tiempo total MTTR que se encuentra en el plan de mantenimiento y confrontarlo con el tiempo posible de operación gracias a la siguiente fórmula:

$M(\text{sis}) = 1 - e^{-(n \cdot t)}$ ; de donde  $n = \frac{1}{\sum MTTR}$ ;  $t =$  Horas posibles de operación.

$$n = \frac{1}{\sum MTTR} = 1/150 \text{ Horas} = 0.0066 \quad ; \quad t = 8760 \text{ Horas}$$

$$M(\text{sis}) = 1 - e^{-(0.0066 \cdot 8760)} = 99\%;$$

El sistema es muy mantenible lo que garantiza que los tiempos perdidos durante la reparación del equipo sean prácticamente nulos, este alto porcentaje de mantenibilidad afirma nuevamente que el diseño escogido es la mejor opción por costo y efectividad.

✓ **Calculo de seguridad y salud en el trabajo.**

La implementación de este análisis se realiza desde el primer momento del diseño del sistema con la creación de las matrices de riesgo basado en las normas OHSAS 18001 de 2014, ISO 14001 de 2014 y ISO 9001 de 2014; esto se demuestra en el plan de mantenimiento (anexo d) al generar una evaluación de la criticidad a cada subsistema de la máquina siguiendo los criterios de cada norma mencionada.

## **6.2 PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN ANALISIS MODO EFECTO FALLA (AMEF)**

El mantenimiento debe confiarse exclusivamente a personal experto que conozca bien la máquina y la instalación

Adoptar todas las precauciones útiles para evitar la puesta en marcha accidental de la máquina:

- interruptor del tablero general en posición OFF;
- llave de seguridad quitada;
- cartel "mantenimiento en curso" expuesto en el tablero;
- pulsadores de emergencia situados en la máquina pulsados.

Los niveles de mantenimiento serán: n1= operario, n2= técnico, n3= especialista.

- **Normas generales**

- Está prohibido ejercer, en elementos en movimiento, cualquier operación de control, reparación o mantenimiento. Debe informarse de esta prohibición a los trabajadores, mediante avisos claramente visibles.
- Antes de efectuar cualquier operación en la máquina, incluidas las de sustitución de componentes del tablero y/o de la instalación eléctrica, el encargado de mantenimiento debe seccionar la instalación eléctrica de la red de alimentación, accionando el interruptor general montado en el tablero de accionamiento y bloqueando el mismo en la posición de abierto, con el dispositivo de seguridad (candado con llave), para evitar la puesta en funcionamiento involuntaria de la máquina misma.
- Los tableros eléctricos, así como las cajas de derivación situadas en la máquina, contienen componentes que pueden estar bajo tensión. El acceso está permitido únicamente con la herramienta específica; sólo personal cualificado y adiestrado debe poseer dicha herramienta para acceder a los componentes bajo tensión.
- El personal cualificado, con el tablero eléctrico bajo tensión, puede efectuar sólo el restablecimiento de las protecciones del circuito eléctrico.
- Donde existan conexiones "toma-enchufe", tanto en el tablero eléctrico como en las cajas de derivación presentes en la máquina, es obligatorio efectuar las eventuales desconexiones sólo con la máquina parada y tras haber desconectado la instalación eléctrica de la red de alimentación.
- Para la ejecución de determinadas operaciones de regulación y/o mantenimiento puede ser necesario extraer o desactivar temporalmente algunos dispositivos de seguridad; dichos dispositivos deben restablecerse siempre al término de las operaciones de regulación y/o mantenimiento antes de la puesta en funcionamiento de la máquina.
- Los motores eléctricos, durante el funcionamiento, pueden alcanzar temperaturas capaces de provocar leves quemaduras. Intervenir en los motores adoptando las adecuadas precauciones.
- se recomienda controlar periódicamente el correcto funcionamiento de todos los dispositivos de seguridad y el aislamiento de los cables eléctricos que deberán sustituirse en caso que estén dañados.

- Es obligatorio, a cargo del usuario, restaurar las siglas (de conductores, bornes, dispositivos, etcétera), las señales de monitorización y las placas que resultasen ilegibles o que se hubiesen extraído.

En el (anexo d) se ve con detalle el plan de mantenimiento de la maquina diseñada, que complementa en la fase de ingeniería y diseño (Fase 1 Y fase 2 en Implementación de la Metodología (RAMS) aplicada a la empresa), a su vez, en un contexto de implementación, tan solo generar frecuencias de intervención significa un gran factor de seguridad ante fallas prematuras que afectan la productividad y tiempos requeridos en la fábrica.

## **7. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (RAMS) APLICADA A LA EMPRESA**

La metodología utilizada en cervecería Bavaria, para cualquier proyecto de capital relacionado con la adquisición, modificación, y actualización de equipos se llama (RAMS) (confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad industrial) [4]. RAMS es un proceso mediante el cual la confiabilidad y mantenibilidad del equipo se han optimizado frente a la inversión, mediante un manejo adecuado del manejo del equipo. La disponibilidad del equipo, el rendimiento del equipo y la calidad del producto está determinada en gran medida por la confiabilidad y la facilidad para realizarles mantenimiento a los equipos.

La confiabilidad y el mantenimiento de las maquinas se determina por:

- Características inherentes de diseño de la maquina
- La calidad de los materiales y mano de obra durante a fabricación, instalación y proceso de puesta en marcha
- La calidad del trabajo de mantenimiento
- El proceso de operación

La implementación de las prácticas RAMS generan grandes ventajas en la empresa que se traducen en los siguientes:

- Mejorar la accesibilidad a los equipos
- Utilice tan pocas piezas como sea posible
- Utilice piezas estandarizadas
- Mejore la capacidad de replazo
- Neutralice los errores humanos
- Reduzca los daños consecuentes
- Incremente el monitoreo basado en la condición
- Enfóquese en la autoayuda

- Suministre la documentación de operaciones y mantenimiento
- Mantenga un ambiente de trabajo seguro

Las prácticas de (RAMS) dentro del ciclo de vida de un activo se representan en 5 fases que son:

1. Fase conceptual (Inicio): es la primera y una de las más decisivas etapas de un proyecto. Se evalúa la situación problemática existente, se definen los objetivos preliminares a alcanzar, se efectúa el análisis del entorno del proyecto. Además se realiza como parte del proceso de toma de decisiones inicial y primordial en estas acciones iniciales, un estudio de la factibilidad técnica, económica del mercado potencial, y la selección de la alternativa más apropiada.
2. Fase estructural (Elaboración proyecto, planificación): en esta fase se identifican los recursos humanos necesarios para su ejecución, se programan los recursos financieros así como los resultados a alcanzar, se elabora el proyecto propiamente dicho, delineando su estructura formal y se negocian los recursos financieros estimados. Por otra parte se define el alcance general del proyecto, antes solamente se hacía de forma muy preliminar, y se planifican las actividades que se desarrollarán y el cronograma de las mismas.
3. Fase ejecutiva (Construcción): fase donde se ejecuta el proyecto de acuerdo con el cronograma elaborado, empleando los recursos financieros planificados, se elaboran informes parciales y se revisa la planeación inicial, adoptando la estructura formal a la nueva situación que se comienza a crear.
4. Fase cierre (Transición producto, finalización): Se entregan los resultados obtenidos, se elabora el informe final y se da seguimiento al proceso de introducción en su primera fase.
5. Fase de soporte: Esta fase es parte del ciclo de vida de los proyectos, pero realmente no constituye una parte representativa en la obtención del producto por lo que en muchos casos ni siquiera es considerada como tal. No obstante, es durante ella muchos productos mejoran su calidad y eficiencia partiendo de la corrección de errores y defectos en los mismos. Es una fase esencial en el prestigio de la organización y la confianza de los clientes para futuros proyectos.

El desarrollo de este trabajo en Bavaria, en un principio abarcaba las 5 fases de desarrollo del proyecto pero las limitaciones administrativas que generaron pérdidas de tiempo solo permitieron desarrollar las fases 1 y 2 que sin desmeritar las otras son las más importantes según el (PMBOK)-[50]. Son fases de concepto y diseño en donde una planeación ordenada y efectiva garantiza la efectividad del proyecto y un resultado aceptable, pues se cuantifican costos, tiempos, recursos, roles y responsabilidades, además se evalúan los posibles riesgos relacionados con seguridad, medio ambiente y calidad [4], [50]

## 7.1 PLANEACIÓN E INGENIERÍA

Esta parte comprende las 2 primeras fases (Fase 1 Y fase 2 en Implementación de la Metodología (RAMS) aplicada a la empresa), en relación al proyecto creado, por ende se comprende que el tiempo destinado para este proyecto en un principio era 25 semanas (numeral tal) que fueron aumentando debido a problemas administrativos en la empresa y que para este análisis se tomara en cuenta que la maquina se puso en marcha ósea se cumplieron las 25 semanas propuestas anteriormente, esto con el fin de involucrar la parte del mantenimiento y planes que se crearon ( numeral tal) ,estas fases representan un análisis a los riesgos del proyecto, planeación de posibles fallos y gestión de ingeniería (diseños y demás prototipos), las fases 1 y 2 comprenden: Project charter, costos, cronograma de trabajo, roles y responsabilidades, evaluación preliminar del riesgo, matrices de riesgo ISO 18001, 9001 ,14001 y las licitaciones para los servicios requeridos

A continuación se expone el desarrollo de estas fases, teniendo en cuenta que los (costos y el cronograma) se trataron en el desarrollo del segundo objetivo específico.

## 7.2 PROJECT CHARTER (CARTA DEL PROYECTO)

*La carta del proyecto describe la visión y objetivos del proyecto (las razones para hacer el trabajo desde un punto de vista productivo y rentable). Resume en un alto nivel la estrategia general, el alcance, la organización y la ejecución del proyecto. A continuación se muestra la carta de proyecto realizada en la empresa Bavaria que muestra el alcance y puntos claros del mismo.*

**Tabla 20. Información sobre el Project charter**

Country:	Colombia	Plant:	TOCANCIPA 
Area:	Crown Factory		
Originator:	Diego Lovera		
Project Title:	Montaje linea de revisión para inspección de tapa defectuosa.		
Project Leader:	Diego Lovera		
<b>1. Project Intent/ The business need/ Objetivo del proyecto/ Necesidad del negocio</b>			
El proyecto consiste en la optimización de una línea revisora conformada por el Diseño, construcción, acondicionamiento y puesta en marcha de un sistema mecánico automatizado para la inspección por video de tapa descartada como producto no conforme según criterios de área de calidad en la línea de revisión (actual),			

<p>Disminuir la cantidad actual de producto no conforme en el área de tapas ya que es importante asegurar la calidad del producto final y eliminar los reclamos externos por tapa defectuosa cumpliendo con el estándar exigido. Actualmente el volumen de cajas retenidas es aproximadamente 2100 por diferentes fallas de proceso. Se espera revisar 1048 cajas al mes trabajando con un 1 operario en un solo turno de 8 horas. Se revisara a una velocidad de 1000TAPAS/MIN con una eficiencia de revisión superior al 95%, lo que eliminará el producto no conforme acumulado en aproximadamente 2 meses.</p>
<p><b>2. Outcome to be achieved/ Deliverables/ Resultados a alcanzar/ Entregables</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Scope/ Alcance</b> Fabricación e Instalación de un sistema mecánico automatizado que realice el procedimiento de inspección por video para analizar defectos en corona, liner y litografía (solo espejo), A una velocidad de 1000 tapas por min para evacuar todo el producto no conforme de una manera confiable, rápida y eficiente.</li> </ul> <p><b>Time/ Tiempo</b></p> <p>El proyecto comienza el 24 de Enero de F14 y termina el 8 Junio de F15.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cost/ Costo</b> El costo del proyecto es de (47.6) millones de pesos</li> </ul> <p><b>Quality/ Calidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar la revisión del producto No conforme y que este cumpla con parámetros de calidad para enviarse a envasado como producto final.</li> <li>• Eliminar reclamos externos por tapa ya revisada. Reducir el 100% del PNC acumulado en la empresa en un tiempo aproximado 2 meses.</li> <li>• <b>Others/ Otros</b> (Documentación, B.O.M. minimo etc.) Dosier completo, capacitación, planes de mantenimiento básicos.</li> </ul>
<p><b>3. Link to strategy/ Alineamiento con la estrategia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sustainability/ Sostenibilidad:</b>Disminuir la perdida de material originado por fallas de proceso</li> <li>• <b>Quality/ Calidad:</b>Priorizar marcas próximas a cambiar de imagen para liberar.</li> <li>• <b>Capacity Planning / Capacidad:</b> El sistema operará según indicadores de producción con respecto a exigencias de producto, se trabajara con un operario en un solo turno de 8 horas y el sistema revisara 1000 tapas/min</li> <li>• <b>Innovation/ Innovación:</b> Adaptación e instalación de sistema de revisión por video (off-line)</li> </ul>
<p><b>4. Assumptions/ Hypothesis/ Supuestos/ Hipótesis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de producción Sacmi 87 cajas x 6 ensambladoras/8 horas</li> <li>• Volumen producción HC 62 cajas x 4 ensambladoras/8 horas</li> <li>• Porcentaje teórico de desperdicio mensual 1%</li> <li>• Cantidad de cajas No conformes en inventario los últimos 4 meses 2100 cajas</li> <li>• Semanas trabajadas 45.</li> <li>• Capacidad de revisión mínimo persona de Logicar 10-11 cajas/8 horas</li> <li>• Capacidad de revisión mínimo persona de Serdan 8-9 cajas/8 horas</li> <li>• Costo revisión mensual \$ 4'000.000/mes 3 empleados 24 horas.</li> <li>• Muestreo de cajas (revisadas) en área de calidad: 4 por lote</li> <li>• Criterios de rechazo en cajas (revisadas): 3 críticos/caja , 8 mayores/caja , 22 menores/caja</li> <li>• Acuerdo de calidad vigente para la fabricación de tapa corona en cervecería bavaria</li> </ul>
<p><b>5. Constraints/ Restricciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Time/ Tiempo</b></li> <li>• Retrasos durante el ensamble de la maquina</li> <li>• Retrasos en las piezas a mecanizar</li> <li>• Retrasos de diseño</li> <li>• Consecución de componentes</li> </ul>

- Retrasos en software y programación ( cámaras de video Sacmi y cableado)
- Retrasos en envíos  
Debe estar terminado antes de 22 de Mayo del F15.

- Resources/ Recursos
- Personal experto de desarrollo del equipo
- Experiencia o conocimiento
- Personal para operar maquina
- Disponibilidad limitada de presupuesto
- Falta de mecanismos
- Durabilidad de componentes (Materiales óptimos)
- Ingeniero planeador Alejandro Gonzales 15% del tiempo total del proyecto.
- Ingeniero coordinador Diego romero 10% del tiempo total del proyecto.
- Estudiante practica Diego Lovera 100% del tiempo total del proyecto.
- Legal/ Legal
- Others/ Otros

#### 6. Description of the proposal/ Descripción de la propuesta

Instalación y adaptación de línea de revisión automatizada para producto no conforme.

Consiste en diseñar un sistema mecánico automatizado para poder instalar 2 cámaras de marca Sacmi que se encuentran en la ensambladora (6), una cámara revisara la litografía (espejo) y la otra revisara liner y corona. La línea de revisión se compone de una tolva, un transportador de tapa, una centrifuga de alimentación, un riel acomodador de tapa, una estrella guía con disco soporte magnético, una banda transportadora y dos actuadores. Esta línea podrá analizar 1000 tapas/min y estará en funcionamiento 8 horas al día.

#### 7. Alternatives considered/ Alternativas consideradas

Comprar sistema original de revisión Sacmi para lograr con éxito la inspección de tapas. O en su defecto contratar los servicios de sistemas de calidad de Pressco.

#### 8. Recommendations/ Recomendaciones

Adaptar mecanismo :Canal de salida tapas (replica de figura 4.2.5/B – catalogo ensambladora Sacmi). y posicionar las 2 cámaras en la estrella de transporte, para lograr con éxito la inspección completa de la tapa (litografia,corona,liner)

- Garantizar la alimentación continua de la tapa desde la centrifuga hasta la entrada a la estrella, esto se logra planteando un buen diseño.
- Garantizar que las cámaras tengan punto visible a la tapa durante el recorrido que esta hace en el sistema.

Relacionar problemas mecánicos existentes en máquinas sacmi y HC para evitar errores en el diseño.

#### 9. Milestones/ Hitos

	When/ Cuando	Who/ Quien
Project Approval/ Aprobación del proyecto	9/04/2014	DIEGO ROMERO
Purchase Approval/ Aprobación de la compra	16/04/2014	DIRECTOR FABRICA TAPAS
End of Execution/Obra ejecutada	26/05/2014	LIDER DEL PROYECTO
Commisioning/ Proyecto Entregado	8/06/2014	COORDINADOR DE UNIDAD

10. Value Engineering (VE)/ Ingeniería de Valor	
Value ADD/ Valor agregado	Con los ingenieros de Mantenimiento de fábrica de tapas se realizó una evaluación del estado de las 2 cámaras de video ubicadas en la ensambladora 6 Sacmi, así como el sistema completo de rechazo y aceptación de esta.
	<p>A. ensambladora 6:se puede desmontar la CPU y las 2 cámaras que corresponden al sistema de inspección visual de esta máquina para montarlo en la nueva línea de revisión.</p> <p>B. Se llega a la conclusión que el mecanismo que permite una correcta separación de tapas y lectura de encoder para reconocimiento de patrones clave es : (replica de figura 4.2.5/B – catalogo ensambladora Sacmi) ajustando y modificando los mecanismos fundamentales para su adecuado funcionamiento</p>

Fuente: Cervecería Bavaria

### 7.3 ROLES Y RESPONSABILIDADES

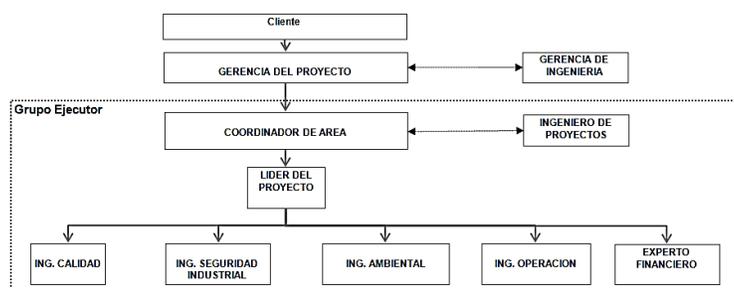
En el momento de comenzar a planear un proyecto la definición de roles, en donde se describan las responsabilidades de cada colaborador, es una de las tareas más importantes. Para garantizar la ejecución del proyecto se necesita una buena planeación organizacional que deje claro cuáles son los entes que participan, sus responsabilidades y porcentaje de compromisos.

La gestión de los recursos humanos se puede clasificar de 3 formas esto según el capítulo 9 del PMBOK, [51]. :

- 1: Jerárquica: La estructura tradicional de organigrama puede utilizarse para representar los cargos y las relaciones en un formato gráfico descendente.
- 2: Matricial: Una matriz de asignación de responsabilidades (RAM) se utiliza para ilustrar las relaciones entre las actividades o los paquetes de trabajo y los miembros del equipo del proyecto.
- 3: Tipo de texto: Se utilizan para aquellas responsabilidades de los miembros del equipo que requieran descripciones detalladas, generalmente en forma de resumen.

Se utilizó la forma jerárquica y la matriz de responsabilidades para generar la asignación de recursos humanos como se ve a continuación.

Figura 73. Diagrama organizacional en el proyecto



Fuente: Cervecería Bavaria

Tabla 21. Personas participantes en el diagrama organizacional del proyecto

1. Cliente / Área donde se realizara el proyecto	CERVECERIA DE TOCANCIPA - SERVICIOS INDUSTRIALES
2. Gerencia del proyecto / Gerentes de Área y de Ingeniería revisores de cumplimiento de RAMS en el proyecto	LUIS FELIPE NEIRA RIVERA
3. Coordinador del proyecto / Ingeniero responsable del proyecto por área.	DIEGO ROMERO
4. Líder del proyecto / Ingeniero ejecutor del proyecto por área.	DIEGO LOVERA
5. Experto producción / Ingeniero de apoyo en el proyecto por área.	NATASHA VELEZ CADAVID
6. Experto Calidad / Ingeniero de apoyo del proyecto por área.	LIBIA BAHAMON PERALTA
7. Experto técnico / Ingeniero de apoyo en el proyecto por área.	EDUAR TARAZONA CABALLERO
8. Operario Experto producción / Operador de apoyo en el proyecto por área.	ASIGNADO

Fuente: Cervecería Bavaria

Figura 74. Matriz de responsabilidades generada para el proyecto

Matriz de Responsabilidades		E ejecuta, P participa, C coordina, R revisa, A autoriza								
WBS	Descripción Tarea	GERENCIA DEL PROYECTO	COORDINADOR DEL PROYECTO	LIDER DEL PROYECTO	ING. DE PROYECTOS	ING. CALIDAD	ING. SEGURIDAD INDUSTRIAL	ING. OPERACION	ING. AMBIENTAL	TEC. EXPERTO
1,1	Especificaciones Técnicas Mecanicas		C	E	R	P	P	P	P	P
1,2	Especificaciones Técnicas Electricas		C	E	R	P	P	P	P	P
1,3	Especificaciones Técnicas Electronicas		C	E	R	P	P	P	P	P
1,4	Especificaciones Técnicas Civiles		C	E	R	P	P	P	P	P
1,5	Licitaciones	A	A	E						
1,6	Aclaraciones		A	E						
1,7	Ordenes de Compra	A	C	A						
1,8	Contrato	A	C	A						
1,9	Ejecucion Inicial	A	C	A						
1,10	Ejecucion Final	A	C	A						
1,11	Aranque	A	C	A		R	R	P		P
1,12	Pruebas	A	C	A		R	R	P		P

Fuente: Autor proyecto

Tabla 22. Recursos humanos con los que cuenta el proyecto

PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO	NOMBRE	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN
DUÑO DEL PROYECTO	JAVIER MARIN	2%
GERENTE DE PROYECTO	MARTHA ECHEVERRI	5%
INGENIERO DE CALIDAD	ISABEL HENAO	10%
COORDINADOR DE MANTENIMIENTO	DIEGO ROMERO	15%
ESPECIALISTA EN MANTENIMIENTO	TECNICOS M Y E.	40%
PLANEADOR DE PROYECTO (LIDER PROYECTO)	DIEGO LOVERA	100%

Fuente: Autor proyecto

## 7.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO BASADO EN CALIDAD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Es utilizada para evaluar los riesgos de un proceso, considerando siempre la operación de equipos. Basado en los criterios de aceptabilidad de riesgos. Se enfoca en analizar las condiciones de proceso, las instalaciones y documentos técnicos que de una u otra forma se relacionan en el desarrollo del proyecto. Se desarrolla la primera parte en la (tabla 23) y luego se complementa la evaluación preliminar con el desarrollo de las matrices de riesgo ISO 18001,14001 y 9001.

Tabla 23. Evaluación preliminar del riesgo

	<b>CONDICIONES DE PROCESO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1	¿Se tiene diligenciado y aprobado el control de cambios de Ingeniería (diseño, montaje, construcción, compra) o el control de cambios de Manufactura/Calidad (Ensayo, nuevo producto)?		X
2	¿Esta actividad asegura el cumplimiento de los estándares globales de SABMiller, procedimientos de Bavaria, instrucciones de trabajo y SOP?	X	
3	¿Introduce o altera cualquier causa potencial de sobrepresión / vacío o alteraciones en el sistema o equipo en estudio?		x
4	¿Introduce un riesgo por congelamientos, o por manipulación de sustancias químicas, combustibles o inflamables?		x
5	¿Altera la composición química o las propiedades físicas del producto o fluido del proceso? ¿Exige nuevos controles analíticos?		x
6	¿Afecta la estabilidad de las reacciones químicas o la controlabilidad y operabilidad del proceso?		x
7	¿Altera las características de presión, temperaturas, nivel, flujo toxicidad, punto de inflamación, condiciones de reacción del sistema? Ejemplo: el sistema de compensación de agua ¿debe estar en automático?		x
8	¿El cargo o cargos involucrados requieren adquirir conocimientos o desarrollar nuevas habilidades?		x
9	¿Puede afectar sistemas de monitoreo y medición? ¿Requiere actualizar el plan de calibración o verificación de equipos, dispositivos de medición o materiales de referencia?	X	
10	¿Requiere incluir estos equipos, dispositivos de medición o accesorios en el plan de mantenimiento de la planta o el laboratorio?	X	
11	¿Afecta el desempeño operacional de los equipos ubicados aguas arriba o aguas abajo de la modificación propuesta? ¿Distancias mínimas de acceso (80 cm)?		x
12	¿Esta actividad tiene legislación asociada? ¿Podría generar el incumplimiento de la legislación u otro requisito aplicable?		x
13	¿Se requieren autorizaciones, permisos o licencias? (ambientales, de funcionamiento, de construcción entre otros)		x
14	¿Altera o introduce nuevos controles de operación en arranque, aseo y/o parada? ¿Exige la eliminación de válvulas de bypass?		x
15	¿Modifica las salidas o instrucciones de evacuación o en general lo establecido en el plan de respuesta ante emergencias?		x
16	¿Requiere la elaboración y/o actualización de documentos del sistema de gestión? Ejemplo: planos, fichas de seguridad, plan de mantenimiento o instructivos entre otros	X	
17	¿Altera las condiciones y ambiente de trabajo relacionado con BPM, iluminación, ventilación, ruido, diseño ergonómico?		x
18	¿El tanque, empaque, tubería o producto requiere identificación, rotulado o etiquetado especial?		x
19	¿Incluye el uso de un nuevo producto o cambios de sustancias químicas o productos? Aplicar el registro VALIDACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS Y PRODUCTOS		x
	<b>CLASIFICACIÓN ELÉCTRICA DEL ÁREA</b>		
20	¿Requiere revisar el equipo antes de usarlo? ¿Requiere comprobar la resistencia de tierra?	X	
21	¿Introduce nuevo o altera el equipo eléctrico existente?	X	

22	¿Modifica la clasificación eléctrica del área y/o la carga del circuito eléctrico así como de las protecciones?		x
<b>ASPECTOS DE SEGURIDAD</b>			
23	¿Requiere la utilización de equipos de seguridad o adicional a los existentes?		x
24	¿Afecta el desempeño de los equipos de seguridad existentes?		x
25	¿Afecta acceso seguro para el personal y equipos, lugares seguros para trabajar y arreglo de los dispositivos de seguridad?		x
26	¿Varia el estudio de carga combustible vs sistemas de control?		x
27	¿Exige la instalación de detectores de escapes o derrames?		x
28	¿Exige la adecuación y/o ampliación de la red de contraincendios? ¿Sistema de rociadores?		x
29	¿Introduce peligro de formación de energía estática?		x
30	¿Posibilita la formación de atmósfera que ofrece riesgo de explosión o incendio?		x
31	¿Requiere consulta de los códigos y normas internacionales de diseño y seguridad existentes?		x
32	¿Afecta los cortes y alarmas existentes o requiere una protección adicional (Alarma o corte)?		X
33	¿Es necesario fortalecer el procedimiento de respuesta ante emergencias? - equipos de detección o respuesta ante emergencias		X
<b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>			
34	¿Afecta la calidad o la cantidad de los efluentes? ¿Afecta los lodos de la PTAR?		X
35	¿Genera un nuevo residuo? ¿Exige un tratamiento o disposición especial?		X
36	¿Tiene la posibilidad de generar fugas o escapes de líquidos, gases inflamables, corrosivos o tóxicos?		X
37	¿Genera un nuevo punto de vertimiento líquido o de emisión atmosférica? ¿Exige la instalación de equipos de control?		X
38	¿Aumenta el nivel de presión sonora? ¿Exige la instalación de silenciadores o barreras?		X
<b>ASPECTOS DE CALIDAD</b>			
39	¿Podría generar producto no conforme fisicoquímico o sensorial: materia prima, del producto en proceso o producto terminado?		X
40	¿Podría generar producto no conforme microbiológico: materia prima, del producto en proceso o producto terminado?		X
41	¿Requiere monitoreo y medición especial de calidad, incluyendo la necesidad de conservar el registro continuo de variables del proceso o del producto?	X	
42	¿Afecta la calidad del servicio al cliente? o ¿se requiere entregar información adicional al cliente o partes interesadas?		x
43	¿Se requiere revisar la oferta, contrato o pedido?	X	
44	¿Afecta las condiciones de manejo, almacenamiento, embalaje, preservación, entrega o transporte del producto?		X
45	¿Requiere crear o modificar transacciones en SAP?	X	
46	¿Requiere diseñar e implementar una estrategia de comunicaciones internas o externa?	X	
<b>ASPECTOS DE MANTENIMIENTO</b>			
47	¿Requiere revisión de la frecuencia de inspección de equipos?	X	
48	¿Afecta o requiere nuevos procedimientos de mantenimiento preventivo o correctivo?		X
49	¿Altera los niveles de vibración, corrosión, erosión?		X

	ASPECTOS DE DISEÑO		
50	¿Modifica la carga en estructuras o fundaciones en situación de máxima carga? ¿Con agua?		X
51	¿Exige la protección contra fuego en estructuras, cableados y equipos?		X
52	¿Exige que los equipos sean a prueba de explosión?		X
53	¿Exige prueba hidrostática? O ¿Exige rayos X u otro medio ionizante?		X
54	¿Modifica especificaciones de proceso, ejemplo temperatura y presión?		X
55	¿Se incluyen nuevos proveedores que requieran ser seleccionados?		X
56	¿Requiere actualizar especificaciones del producto o servicio para el proceso de compras, controles en recepción y/o evaluación del proveedor?	X	

Fuente: Cervecería Bavaria

El siguiente análisis de riesgo y el más importante es la realización de las matrices de riesgo OHSAS 18001 de 2014, ISO 14001 de 2014 y ISO 9001 de 2014, una matriz de riesgo es una herramienta que analiza, controla y gestiona los peligros, actividades y soluciones que se generan en un proyecto esto según una ponderación ya estipulada por la empresa, abarca desde el diseño y montaje hasta la puerta en marcha de la máquina, así como también las leyes que se comprometen en cada campo. En el (anexo e) se detalla el desarrollo de las matrices de riesgo.

## 7.5 LICITACIONES

Las licitaciones son una formalidad documentada que la empresa solicitante realiza para avisar públicamente el requerimiento de un servicio, junto con una serie de condiciones técnicas requeridas por la ley para un óptimo desarrollo de lo propuesto, esto mediante un procedimiento de contratación en el que se especifican los datos esenciales para permitir la libre participación de los interesados, así como, el plazo o la fecha para que se envíen las propuestas y escoger un ganador de la licitación. En este caso la empresa Bavaria dentro de sus políticas de contratación maneja una licitación para tres empresas prestadoras participantes de las cuales una se escoge la mejor. En el (anexo b) se encuentran las dos licitaciones generadas en campo y también la propuesta escogida para efectuar el servicio.

## 8. CONCLUSIONES

- La recopilación de información en campo durante todo el desarrollo del proyecto sobre las maquinas existentes en el proceso de fabricación de la tapa corona tales como (SACMI Y HC) fueron una pieza clave en el desarrollo de este proyecto, pues se tomaron como referencia varios mecanismos de estas para la función a desarrollar “inspeccionar tapas”.
- Se realizó todo el diseño del sistema revisor de tapa bajo el concepto de ingeniería inversa, generando los planos geométricos y planos eléctricos para la fabricación de la máquina y para el montaje de la misma, este fue creado en 3 fases que se fueron modificando sistemáticamente a medida que se ajustaba el diseño a los requerimientos de distribución en planta, ergonomía al operario, producción y calidad.
- Se creó una simulación en ANSYS WORKBENCH 14.5 aplicada a la transmisión de potencia del sistema revisor para garantizar la efectividad del diseño de los ejes y así mismo la fase de ingeniería del proyecto, los datos arrojados en esta simulación fueron los esperados básicamente esfuerzos y deformaciones presentes en los ejes, se evidencia que el esfuerzo producido por el torque es mucho menor que el esfuerzo máximo de fluencia del material, esto garantiza un buen funcionamiento sin falla por un largo periodo de tiempo.
- Para representar la rentabilidad del proyecto se creó una evaluación financiera con dos métodos diferentes que mediante escenarios propuestos se modelaron los análisis, este arrojó que partiendo del peor supuesto de rentabilidad general, el proyecto es viable y mantiene importantes tasas de rentabilidad, en la mayoría de los casos el proyecto le genera valor a la empresa de forma significativa.
- Dentro de las practicas RAMS se contempla la manutención del sistema, por ende se creó un manual de operaciones, con todas las partes de la máquina y datos técnicos; así como también un plan de mantenimiento basado en (AMEF), que genera frecuencias de intervención a razón del tiempo.
- El plan de mantenimiento basado en análisis-modo-efecto de la falla (AMEF), es otra aplicación de la ingeniería de confiabilidad la cual es una metodología aplicada para conocer el desempeño de vida de productos, equipos, plantas o procesos; para asegurar que estos ejecuten su función, sin fallar, por un periodo de tiempo en una condición específica.

- Según la primera fase de la metodología RAMS aplicada a la empresa la creación del project charter, la estimación de costos y el cronograma de actividades garantizan el desarrollo de un proyecto ordenado y fácil de controlar. Esto facilito la presentación del proyecto a los altos mandos de la empresa, lo que llevo a una aprobación de los recursos necesarios para la realización del proyecto.
- Según la segunda fase de la metodología RAMS aplicada a la empresa la asignación de recursos, responsabilidades, riesgos, fallas y mantenibilidad del proyecto según las normas ISO 18001, ISO 14001 Y ISO 9001, garantizan la efectividad y montaje del proyecto, disminuyendo pérdidas monetarias y de tiempos.
- Se crearon dos evaluaciones de riesgos en donde se plantearon matrices de riesgo: ambiental, seguridad industrial y calidad, que generan un panorama de los peligros visibles durante y después del montaje del sistema.
- Se crearon las licitaciones necesarias para los servicios requeridos en el montaje del sistema en planta, estas con las condiciones técnicas para el óptimo servicio en Bavaria; tras las licitaciones se escogieron las 2 empresas ganadoras del contrato.
- El análisis RAMS permite modelar la vida útil de cualquier equipo, sistema o proceso, principalmente optimiza la productividad y minimiza costos, explorando estrategias de mantenimiento análisis de riesgos, fallas y criticidad de cada componente en la operación, generando soluciones tangibles a mediano y largo plazo.
- La aplicación efectiva de las practicas RAMS es fundamental para optimizar el rendimiento de la inversión en equipos. Estas prácticas son para ser utilizadas a través del ciclo de vida del activo. La inclusión de RAMS en los proyectos debe verse como una inversión y no como un costo, pues la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad son sinónimo de calidad, de auto-sostenimiento y de efectividad en cualquier ámbito de la empresa; Los beneficios de la aplicación eficaz de RAMS incluyen:
  - Alta disponibilidad (baja tasa de fallos y cortos tiempos de restauración)
  - Mantenimiento reducido y esfuerzo de trabajo con menor costo
  - Entrega confiable y funcionamiento estable
  - Calidad de producción
  - Costos optimizados del ciclo de vida
  - Seguridad y medio ambiente

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. SACMI IMOLA. DOCUMENTACION TECNICA. CATALOGO REPUESTOS. MÁQUINA PARA EL EMPLASTADO DE JUNTAS EN LAS TAPAS.PMC 250. 40026 IMOLA (Bologna-ITALIA. Versión PMC 250.00.003, Fecha publicación 24.04.1996.
- [2]. QUEVEDO, Andrés; GARZON, David. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MODELO AUTOMÁTICO DE VISION ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA IMPRESION Y LINER DE LA TAPA METÁL. Tesis para optar al título de ingeniero de diseño & automatización electrónica. Bogotá D.C. Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería de diseño & automatización. 2007.
- [3]. PANTOJA,Fernando. [En línea]. La cultura de la confiabilidad. Subido: 2010. [Citado 10 febrero 2014]. Reducción de costos operacionales. Manufactura de Clase Mundial (MCM) y TPM. <<http://confiabilidad.net/articulos/manufactura-de-clase-mundial-mcm-y-tpm/>>
- [4]. BAVARIA. [En línea]. Informe de desarrollo sostenible. Subido: 2012. [Citado 10 febrero 2014]. Sobre Bavaria. Manufactura de clase mundial. <<http://bavaria.co/informeds2012/sobre-bavaria/manufactura-de-clase-mundial.html> >
- [5]. ALARCON, Ivanoc [En línea]. Conferencia de TRACC. Subido: 2009. [10 febrero 2014]. BAVARIA. Creación de Capacidades internas para conducir la implementación de las mejores prácticas. < [Http: //www.etracc.net/fileuploads/uf5\\_IvanocAlarcon-Bavaria.pdf](Http://www.etracc.net/fileuploads/uf5_IvanocAlarcon-Bavaria.pdf).>
- [6]. AVILA,carlos; HERRERA, Jorge; HOFMANN, Mirko. MANTENER LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES, 2013.08.15. PROCEDIMIENTO RAMS-(Reliability, Availability, Maintainability and Safety) BAVARIA. Código: 02-004485.
- [7]. ZAMBRANO, gabriel; et al. Estación de control de calidad por visión artificial para un centro de manufactura integrada por computador (CIM). Ingeniería y Universidad, vol. 11, núm. 1, enero-junio, 2007, pp. 33-55,Pontificia Universidad Javeriana. ISSN (Versión impresa): 0123-2126
- [8]. SANDOVAL, Zulma. Caracterización y clasificación de café cereza usando visión artificial. Presentada en cumplimiento a los requerimientos para el grado de Magíster en Automatización Industrial. Manizales. Universidad nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 2005, 72P
- [9]. MEJIA, esteban. Sistema robotico de seleccion automatica de objetos basado en las características visuales. Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería en Electrónica. Cartago, 25 Junio 2007.

- [10]. BAVARIA. [En línea]. Trabaja con nosotros. Subido: 08 de Octubre de 2010. [Citado 1 abril 2014]. Fábrica de Tapas. < [http://www.bavaria.co/2-12/fabrica\\_de\\_tapas\\_tcn/](http://www.bavaria.co/2-12/fabrica_de_tapas_tcn/)>
- [11]. ESCALONA, Berta [en línea]. ECURED. Subido: 4 de Mayo de 2010. [Citado 1 abril 2014]. Visión Artificial. < [http://www.ecured.cu/index.php/Visi%C3%B3n\\_Artificial](http://www.ecured.cu/index.php/Visi%C3%B3n_Artificial)>
- [12]. VISIÓN ARTIFICIAL E INTERACCIÓN SIN MANDOS [en línea]. Asignatura de Gráficos en Computación. Subido: 2010. [Citado 1 Abril 2014]. Sitio web <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>
- [13]. MINISTERIO DE EDUCACIÓN [en línea]. GOBIERNO DE ESPAÑA. Subido: Febrero de 2012. [Citado 1 abril 2014]. Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales<[http://visionartificial.fpcat.cat/wpcontent/uploads/UD\\_1\\_didac\\_Conceptos\\_previos.pdf?bcsi\\_scan\\_3f69243e95ee441d=0&bcsi\\_scan\\_filename=UD\\_1\\_didac\\_Conceptos\\_previos.pdf](http://visionartificial.fpcat.cat/wpcontent/uploads/UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf?bcsi_scan_3f69243e95ee441d=0&bcsi_scan_filename=UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf)>
- [14]. VÉLEZ, José; et al. [En línea]. Scribd. Subido: 2003. [Citado 1 abril 2013]. Visión por computador. Etapas de un sistema de visión artificial. <http://es.scribd.com/doc/21458936/10/Etapas-de-un-sistema-de-vision-artificial#page=25>
- [15]. RUIZ, Héctor [en línea]. INFAIMON. Subido: 2010. [Citado 1 abril 2014]. Visión artificial aplicada a la industria. < [http://www.jcee.upc.es/JCEE2010/pdf\\_ponencias/PDFs/25\\_11\\_10/INFAIMON-Vision%20artificial.pdf?bcsi\\_scan\\_3f69243e95ee441d=0&bcsi\\_scan\\_filename=INFAIMON-Vision%20artificial.pdf](http://www.jcee.upc.es/JCEE2010/pdf_ponencias/PDFs/25_11_10/INFAIMON-Vision%20artificial.pdf?bcsi_scan_3f69243e95ee441d=0&bcsi_scan_filename=INFAIMON-Vision%20artificial.pdf)>
- [16]. C.I.P. ETI Tudela [en línea]. Visión artificial. [Citado 1 abril 2014]. VISION ARTIFICIAL. < <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>>
- [17]. SACMI IMOLA. DOCUMENTACION TECNICA. CATALOGO REPUESTOS. MÁQUINA PARA EL EMPLASTADO DE JUNTAS EN LAS TAPAS.PMC 250. 40026 IMOLA (Bologna-ITALIA. Versión PMC 250.00.003, Fecha publicación 24.04.1996.
- [18]. PORRAS, José [en línea]. Curso: CE 1002 Taller de Electrónica IV. Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica Universidad Ricardo Palma [Citado 1 abril 2014] CLASIFICATION SYSTEM BASED ON COMPUTER VISION. < [http://www.urp.edu.pe/pdf/ingenieria/electronica/CAP-1\\_Taller\\_de\\_Electronica\\_IV\\_b.pdf](http://www.urp.edu.pe/pdf/ingenieria/electronica/CAP-1_Taller_de_Electronica_IV_b.pdf)>
- [19]. KEELTEK. [En línea]. Engineering Solutions. Subido: Noviembre 2013. [Citado 1 abril 2014]. Dispositivo para disparo de cámaras y lectura de encoders incrementales. < [http://www.keeltek.com/site\\_ES/productos/cam\\_trig/cam\\_trig.php](http://www.keeltek.com/site_ES/productos/cam_trig/cam_trig.php)>
- [20]. FESTO. [En línea]. SupportPortal. Subido: 2013. [Citado 1 abril 2014]. Sistemas avanzados de manipulación. < [http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/148510/AdvancedHandlingSystems\\_es.pdf](http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/148510/AdvancedHandlingSystems_es.pdf)>

- [21]. INFAIMON. [En línea]. Catalogo Industria. Subido: 2010. [Citado 1 abril 2014]. Software de Visión Artificial. < <http://www.infaimon.com/catalogo-industria/software-vision-artificial-61.html>>
- [22]. SACMI. [En línea]. . Las líneas de fabricación de aluminio Cap. [Citado 1 abril 2014]. Inspección de los envases de metal. < <http://www.sacmi.com/en-US/Products.aspx?idc=66495&LN=en-US>
- [23]. SACMI. [En línea]. Productos y Servicios. Sistemas de visión para el control de calidad Subido: 06 de Julio de 2011. [Citado 1 abril 2014]. Nueva CVS 3000: fácil, intuitivo y fiable. < <http://www.sacmi.com/en-US/News-Area/News-by-Business/Process-Controllers/New-CVS-3000--easy--intuitive--reliable.aspx?idC=61130&idO=19026&LN=en-US>>
- [24]. UNICAUCA.EDU.CO. [En línea]. Facultades/FIET/DEIC.[Citado 8 abril 2014]. Interfaz HombreMáquina.<ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/SW%20para%20Aplicaciones%20Industriales%20I/Teoria/3%20Interfaz%20Hombre-maquina.pdf>
- [25]. JASVISIO. [En línea]. Control de calidad en la industria. Subido: 2010. [Citado 8 abril 2014]. Ventajas de la visión artificial para el control de calidad. < <http://www.jasvisio.com/control-de-calidad-industrial-con-vision-artificial.html>>
- [26]. MEASURECONTROL. [En línea]. Subido: 2009. [Citado 8 abril 2014]. Visión artificial en procesos industriales. < <http://www.measurecontrol.com/vision-artificial-en-procesos-industriales-parte-i/>>
- [27]. AUTIS. [En línea]. [Citado 8 abril 2014]. Visión Artificial. < <http://www.autis.es/descargas/Ficha009.pdf>>
- [28]. ECURED. [En línea]. Subido: 2010. [Citado 8 abril 2014]. Muestreo para la aceptación o inspección por atributos. < [http://www.ecured.cu/index.php/Muestreo\\_para\\_la\\_aceptaci%C3%B3n\\_o\\_inspecci%C3%B3n\\_por\\_atributos](http://www.ecured.cu/index.php/Muestreo_para_la_aceptaci%C3%B3n_o_inspecci%C3%B3n_por_atributos)>
- [29]. SEPÚLVEDA, Alberto. Procesamiento de imágenes por medio de filtros acusto-ópticos. Tesis de Grado para Optar al Título de: Magister en Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Pereira. Línea en instrumentación y control en sistemas eléctricos industriales Pereira Risaralda 2007
- [30]. INFAIMON. [En línea]. Catalogo Industria. Subido: 2010. [Citado 8 abril 2014]. Cámaras de Visión Artificial. < <http://www.infaimon.com/catalogo-industria/camaras-vision-artificial-55.html>>
- [31]. WIKIPEDIA. [En línea]. Subido: 2013. [Citado 8 abril 2014]. Digitalización de video. < [http://es.wikipedia.org/wiki/Digitalizaci%C3%B3n\\_de\\_video](http://es.wikipedia.org/wiki/Digitalizaci%C3%B3n_de_video)>

- [32]. PERGAMINOVIRTUAL [en línea]. Glosario Subido: 2013. [Citado 8 abril 2014]. Modo RGB. < [http://www.pergaminovirtual.com.ar/definicion/Modo\\_RGB.html](http://www.pergaminovirtual.com.ar/definicion/Modo_RGB.html)>
- [33]. MCBTEC.COM. [En línea]. Funcionamiento Encoder. Subido: 2007. [Citado 8 abril 2014]. EL ENCODER. < [http://www.mcbtec.com/Funcionamiento\\_Encoder.pdf](http://www.mcbtec.com/Funcionamiento_Encoder.pdf)>
- [34]. WIKIPEDIA. [En línea]. Subido: 2013. [Citado 8 abril 2014]. Trackball. < <http://es.wikipedia.org/wiki/Trackball>>
- [35]. BROSANAN,Tadhg;WENSUN,Da. Improving quality inspection of food products by computer vision—a review. FRCFT Group, Department of Agricultural and Food Engineering, University College Dublin, National University of Ireland, Earlsfort Terrace, Dublin 2, Ireland. Received 29 April 2002; accepted 6 May 2003.
- [36]. PENCUE, Edgar; LEON, Jaury. Detección y clasificación de defectos en frutas mediante el procesamiento digital de imágenes. REVISTA COLOMBIANA DE FISICA, VOL. 35, No.1. 2003. Popayán. Universidad del Cauca, Grupo de Óptica Láser. Colombia 2003.
- [37]. MARTÍNEZ, Balfre. VISIÓN ARTIFICIAL APLICADA A LA INDUSTRIA TEXTIL DE GUATEMALA. Tesis para optar al título de ingeniero electrónico. Guatemala. Universidad de san Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Septiembre de 2006.
- [38]. SÁNCHEZ, Oscar. AUTOMATIZACIÓN DE UNA MAQUINA INDUSTRIAL CERRADORA DE TAPAS”, Tesis para optar al título de ingeniero mecánico. México D.F. Instituto Politécnico Nacional, escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. Agosto de 2009.
- [39]. MIRANDA, Gustavo; et al. SISTEMA DE CONTROL VEHICULAR UTILIZANDO RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC). Escuela Superior Politécnica de Litoral (ESPOL) .Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral .Apartado 09-01-5863 Guayaquil, Ecuador .2 de marzo de 2009.
- [40]. CRUZ, Jonathan. CLASIFICADOR AUTOMÁTICO DE TAPAS ROSCA DE PLÁSTICO PARA PROCESOS DE PRODUCCIÓN CONTINUA, BASADO EN LA INSPECCIÓN DE DEFECTOS SUPERFICIALES. Tesis para optar al título de ingeniero Mecatrónico. Ibarra- Ecuador. Universidad Técnica del Norte, facultad de ingeniería Mecatrónica. 2010.
- [41]. LOAIZA, Andrés; et al. Sistema de visión artificial para conteo de objetos en movimiento. El Hombre y la Maquina No 40, Universidad Icesi, Cali Colombia. Diciembre de 2012.

[42]. SEW, Eurodrive. Manual, Reductores y motorreductores, Edición 07/2006. Pág. 403, 11358904/ES.

[43]. SUMITEC. [En línea]. ACERO GRADO MAQUINARIA, Rodamientos SKF, Categorías < [http:// http://spanish.xbearings.com/spp/skf-6205-z-sppproduct7379.html](http://spanish.xbearings.com/spp/skf-6205-z-sppproduct7379.html)>

[45]. RICHARD G; J, Keith Nisbettl. Ingeniería mecánica de Shigley. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Engranajes y ejes Octava edición. Mc Graw Hill. MEXICO-BOGOTA.AISI 4140. [Citado Enero 12 2015]. ACERO AISI-SAE 4140 (UNS G41400). < <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%204140.pdf>>

[44]. SKF. [En línea]. Subido: 2012. [Citado Enero 12 2015].

[46]. COSS BU, Raúl. 1998. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. México D.F.: LIMUSA, GRUPO EDITORES, 1998. ISBN: 968-18-1327-8.

[47]. MURCIA M., Jairo Darío, y otros. 2011. Proyectos "Formulación y criterios de evaluación". Bogotá, D.C.: Alfaomega Colombiana, 2011. ISBN: 978-858-682-750-8.

[48]. MOKATE, Karen Marie. 2004. Evaluación Financiera de proyectos de inversión. Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Economía: Ediciones Unidades: Alfaomega Colombiana, 2004. ISBN: 958-682-474-8.

[49]. LEÓN GARCÍA, Oscar. 2009. Administración Financiera Fundamentos y Aplicaciones. Santiago de Cali, Colombia: Prensa Moderna, 2009. ISBN: 978-958-44-5443-0.

[50]. MANTENIMIENTO LA. [En línea] Subido: Enero 2013. [Citado 1 marzo 2015]. ANALISIS RAM. < <http://mantenancela.blogspot.com/2013/01/analisis-ram.html>>

[51]. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Inc. QUINTA EDICION. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK). GLOBAL STANDARD. Newtown Square, Pensilvania 19073-3299 EE.UU, Fecha publicación 2013.