

UNIVERSIDAD LA SALLE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA EL TOSTADO DE CAFÉ

Caso: “Comunidad Santa Ana de Pacollo”

Por:

PATTY ILLANES QUISPE

Tutores: Dr. Alaa Khamis & Dr. René Reynaga

Proyecto de grado presentada para la obtención del Grado de
Licenciatura en Ingeniería de Sistemas

La Paz - Bolivia

2012

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a las personas que siempre me apoyaron durante mi carrera como estudiante, principalmente a mi mamá Francisca Illanes Quispe, a mi papá Jacinto Illanes y mis hermanos. Quienes siempre confiaron en mí y me apoyaron durante todos estos años.

Dedicarles mi proyecto y mis logros a mis amigos que me brindaron su ayuda

AGRADECIMIENTOS

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradezco las enseñanzas, consejos, cariño, afecto y ayuda incondicional que me brindaron el plantel docente y administrativo de la Universidad La Salle.

Agradecer hoy y siempre al Dr. Rene Reynaga y a su familia por el apoyo que me brindaron cuando más lo he necesitado.

Agradecer profundamente al Lic. Javier Heredia por él apoyo y su paciencia que me brindo durante toda la carrera en los momentos más difíciles.

Agradecer Lic. Martha Heredia por él apoya que me brindo

Agradecer al Lic. Walter Carvajal y a la Directora Académica de la Universidad La Salle.

Por medio de este proyecto agradezco a los Licenciados, Ingenieros que me brindaron su comprensión y sobre todo su ayuda y tiempo a pesar de todas sus obligaciones.

TABLA DE CONTENIDOS

I. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	3
1.2.1. El nuevo patrón de Desarrollo Nacional	3
1.2.2. Procesamiento general del Café	4
1.2.3. Granos de café con chocolate	6
1.2.4. Molido	7
1.2.5. Empaquetado	7
1.2.6. Comercialización	8
1.3. Planteamiento del Problema	9
1.3.1. Problema Principal	9
1.4. Formulación del Problema	10
1.5. Propuesta de solución	10
1.5.1. Fines y propósito	10
1.6. Objetivos	10
1.6.1. Objetivo General	10
1.6.2. Objetivos Específicos	11
1.7. Justificaciones	11
1.7.1. Justificación Teórica	11
1.7.2. Justificación Metodológica	12
1.7.3. Justificación Práctica	13
1.7.4. Justificación Social	14
1.7.5. Justificación Científica	14
1.7.6. Justificación Económica	15
1.8. Límites, Alcances y aportes	16
1.8.1. Límites	16
1.8.2. Alcances	16

1.8.3. Aportes	17
1.9. Modelos y Herramientas	17
1.10. Valor agregado	17
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Descripción de la comunidad y de la producción del café	19
2.2. El Café	20
2.2.1. El cultivo	21
2.2.2. La floración	22
2.2.3. La cosecha	23
2.3. Beneficiado del café	23
2.4. Beneficiado húmedo	23
2.5. Despulpado	24
2.6. Fermentación	24
2.7. Lavado y Ecurrido	25
2.8. Pre secado y secada del café	25
2.9. Almacenamiento y depósito	25
2.10. Trillado y pulido	26
2.11. Beneficio seco	26
2.12. Tostado	27
2.13. Automatización	28
2.14. Automatización industrial	29
2.15. Sistema automático	29
2.16. Términos asociados	29
2.17. Proceso industrial	29

2.18.	Propósitos económicos	30
2.18.1.	Realidad	30
2.18.2.	Salida	30
2.19.	Ingeniería	31
2.20.	Clasificación	31
2.21.	Evolución de la información para automatización	32
2.21.1.	Instrumentos para lograr la automatización	34
2.21.2.	Evolución en automatización	35
2.22.	Sistemas de manufactura	37
2.23.	Definiciones básicas	37
2.24.	Nivel de equipo	38
2.25.	Control numérico computarizado	40
2.26.	Micro controlador programable (PIC's)	40
III.	MARCO PRÁCTICO	43
	Introducción	44
3.1.	Diseño y control de una célula robotizada	45
3.1.1.	Producto	45
3.1.5.	Diseño de la tostadora asistido por computador (CAD)	50
3.1.6.	Características geométricas	57
3.1.7.	Características Cinemáticas	57
3.1.8.	Simulación	58
3.1.9.	Características dinámicas	60
3.1.10.	Sistema de transmisión	60
3.1.11.	Tipo de Accionamiento	61
3.1.12.	Servicio a proveedor	63

3.1.13. Factores económicos	64
3.1.14. Medidas de seguridad	64
IV. MARCO LÓGICO	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1. CONCLUSIONES	69
5.2. RECOMENDACIONES	69
VI. BIBLIOGRAFÍA Y WEB GRAFÍA	70
6.1. Bibliografía	70
6.2. Web grafía	71
VII. ANEXOS	73
7.1. ANEXOS DE IMÁGENES	73
7.2. CRONOGRAMA DE PROYECTO	76
7.3. ANEXOS PROGRAMA DE MAT LAB	76
VIII. GLOSARIO	95

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA: 1 ETAPAS DE PROCESO INDUSTRIALIZACIÓN DE CAFÉ.....	4
FIGURA: 2 ETAPAS DE TUESTE DE CAFÉ	6
FIGURA: 3 MAQUINA MOLEDORA DE 1KILO.....	7
FIGURA: 4 SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL PUEBLO DE SANTA ANA DE PACOLLO	19
FIGURA: 5 COMUNIDAD SANTA ANA DE PACOLLO	20
FIGURA: 6 FRUTO DEL CAFÉ.....	20
FIGURA: 7 SEMILLA DE CAFÉ (ALMACIGO) Y PRIMERA ETAPA DEL CRECIMIENTO DE PLANTA DE CAFÉ (MARIPOSA)	21
FIGURA: 8 IMAGEN ETAPA DE ALMACIGÓ DE CRECIMIENTO DE CAFÉ	22
FIGURA: 9 PLANTA DE CAFÉ APROXIMADAMENTE DE 3 AÑOS	22
FIGURA: 10 COSECHA DE CAFÉ GUIENDO ENTRE LAS FECHAS DE ABRIL Y JUNIO.....	23
FIGURA: 11 CAFÉ GUIENDO Y MAQUINA MOLEDORA DE CAFÉ	24
FIGURA: 12 CAFÉ EN PROCESO DE SECADO.....	25
FIGURA: 13 ALMACENAMIENTO Y DEPÓSITO DE CAFÉ.....	26
FIGURA: 14 PROCESO DE MOLIDO DE CAFÉ (TOSTADO, MOLIDO)	27
FIGURA: 15 SISTEMALAZO ABIERTO	32
FIGURA: 16 SISTEMA A LAZO CERRADO	32
FIGURA: 17 DESARROLLO DE LA MICROELECTRÓNICA	33
FIGURA: 18 DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES.....	33
FIGURA: 19 NUEVAS TÉCNICAS Y ENFOQUES.....	34
FIGURA: 20 INTELIGENCIA DE ÁREAS DE CONOCIMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN	34
FIGURA: 21 ETAPA 1- SISTEMAS DESCONECTADOS.....	35
FIGURA: 22 ETAPA2 - SISTEMAS CENTRALIZADOS	35
FIGURA: 23 ETAPA3 - SISTEMAS DESCENTRALIZADOS	36
FIGURA: 24 DESCENTRALIZACIÓN JERÁRQUICOS (SITUACIÓN ACTUAL)	36
FIGURA: 25 COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA CIM	38
FIGURA: 26 SENSORES.....	39
FIGURA: 27 MICRO CONTROLADOR	41
FIGURA: 28 MONITORIZACIÓN Y CONTROL SUPERVISOR	42
FIGURA: 29 BUSES DE CAMPO	42
FIGURA: 30 GRAGEAS DE CAFÉ CON CHOCOLATE	45

FIGURA: 31 BALSA DE 10 UNIDADES (PRODUCTO FINAL) DE LAS GRAGEAS DE CAFÉ CON CHOCOLATE, E INFORMACIÓN DEL PRODUCTO QR	46
FIGURA: 32 Se MUESTRA LA DISPOSICIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE TRABAJO QUE ACOMPAÑAN A LA TOSTADORA, EN EL PROCESO DE MANUFACTURA DE GRAGEAS DE CAFÉ CHOCOLATADO	47
FIGURA: 33 Se MUESTRA LA ARQUITECTURA DE CONTROL, DONDE EL OPERARIO PARTICIPA EN EL SECADO Y EN EL ACCIONAMIENTO PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE TOSTADO CON LA FINALIDAD DE OBTENER UNIFORMIDAD.	48
FIGURA: 34 PANTALLA DE CONTROL DEL TERMÓMETRO LASER	49
FIGURA: 35 TERMÓMETROS LASER DE AMPLIO INTERVALO DE TEMPERATURA MANUAL	50
FIGURA: 36 DISEÑO DE LA BASE Y LA OLLA DE LA TOSTADORA COMÍ AUTOMÁTICO CON 2 VÉRTICES HORIZONTALES Y 3 VÉRTICES VERTICALES PARA MAT LAB.	51
FIGURA: 37 DESCRIPCIÓN DE LOS GRADOS DE LIBERTAD SEGÚN DENAVIT HARTENBERG EN LA MAQUINA TOSTADORA DE CAFÉ	52
FIGURA: 38 DETERMINACIÓN DE LOS ZI SEGÚN DENAVIT HARTENBERG PARA LA MAQUINA TOSTADORA DE CAFÉ	53
FIGURA: 39 DETERMINACIÓN DE LOS XI SEGÚN DENAVIT HARTENBERG PARA LA MAQUINA TOSTADORA DE CAFÉ	54
FIGURA: 40 DESCRIPCIÓN FINAL DE LA DETERMINACIÓN DENAVIT HARTENBERG PARA LA MÁQUINA DE TOSTAR CAFÉ	55
FIGURA: 41 DIMENSIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA TOSTADORA DE CAFÉ	57
FIGURA: 42 IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT EN MAT LAB CON 3 GRADOS DE LIBERTAD	59
FIGURA: 43 MAQUINA DE TOSTAR CAFÉ.....	60
FIGURA: 44 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA PIÑÓN CREMALLERA.....	61
FIGURA: 45 MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA UTILIZADO PARA GIRAR LA OLLA DEL TOSTADOR.	62
FIGURA: 46 MAQUINA SELLADORA	62
FIGURA: 47 LUGAR DEL DE TRABAJO DE TORNERO.....	63

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta una aplicación del método matemático para el diseño de un prototipo de tostadora de café.

Aplicando elementos de Robótica se ha desarrollado la matriz de parámetros de Denavit y Hartenverg y construido las transformaciones homogéneas para resolver los problemas cinemáticos.

La simulación de la cadena cinemática permitió ajustar el diseño del prototipo de la tostadora con tres grados de libertad.

Construido el prototipo físico, los grados de libertad han resultado suficientes para obtener un tostado uniforme, utilizando un sistema automatizado de control con retroalimentación.

La uniformidad del tostado resulta importante para mantener un sabor agradable y parejo de las gageas de chocolate con café, que es el producto que, finalmente, se ha obtenido.

Un breve análisis económico muestra que, con una pequeña inversión, es posible darle un valor agregado a la producción de café del sindicato de la comunidad Santa Ana de Pacollo.

MARCO REFERENCIAL

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA EL TOSTADO DE CAFÉ

I. MARCO REFERENCIAL

1.1. Introducción

El café es uno de los principales productos agrícolas en volumen de comercio internacional. El café es la segunda mercancía de mayor comercialización en el mundo, tras el petróleo. Se estima en 125 millones el número de personas que vive del cultivo del café, incluyendo 25 millones de pequeños productores. Cada año se vende 400.000 millones de tazas de café. Por tanto, en juego hay muchos intereses económicos y sociales extremadamente importantes.

El café es cultivado y exportado por más de 50 países en desarrollo, pero los países industrializados son los consumidores más importantes. El café, por lo tanto, desempeña un papel vital en el comercio y los intercambios monetarios entre países desarrollados y en desarrollo.

La producción de café es también una fuente importante de empleo en todos los países productores, particularmente para los segmentos más pobres de la población rural. El sector del café, debido a su gran capacidad de distribución de los ingresos, provoca un importante impacto social, a través de las oportunidades de empleo que genera, representando un gran incentivo contra la migración de las zonas rurales.

La producción de Café en Bolivia, se centraliza en la zona de Nor Yungas, con la mayor producción en la localidad de Coroico. Una de las comunidades productoras de café es la Comunidad de Santa Ana de Pacollo, ubicado al Nor o este del Departamento de La paz.

El Café primero llego a la Provincia de Caranavi. En el tiempo de los “patrones”, estos fueron a comprar el Café a Caranavi para poder producirlo en la Comunidad Santa Ana de Pacollo.

La comunidad Santa Ana de Pacollo está organizada en base al sindicato agrario, con un secretario general y sus bases, luego viene la subcentral que es el pueblo de Pacollo y la central Coroico.

En los marcos conceptuales de una Unidad Productiva Comunitaria, este proyecto de grado pretende ayudar a la Comunidad de Santa Ana de Pacollo a mejorar los beneficios socio económicos que se derivan de la producción del café, introduciendo la automatización en los procesos de transformación de grano para conformar una célula de fabricación flexible que permita producir grageas de café con chocolate.

La flexibilidad significa la capacidad del sistema de fabricación para adaptarse a las preferencias de los clientes y se refiere también a la posibilidad del sistema de producción para reconfigurarse a sí mismo, de tal forma que con pequeños cambios se pueda adaptar el producto para satisfacer las distintas demandas de los consumidores. El diseño de tales sistemas de fabricación flexible requiere del conocimiento de diversas disciplinas tales como la manufactura, mecánica industrial, equipo eléctrico, el software y la ingeniería de sistemas. La ingeniería de sistemas aporta, de manera principal, en el modelado, la simulación y control de los sistemas de manufactura flexible.

1.2. Antecedentes

La gente de la comunidad comenta: “podríamos mejorar nuestra vida y nuestros hijos tendrían una mejor educación, si pudiéramos transformar la producción de café y no venderlo, solamente, como grano”. Los comentarios muestran interés en seguir cultivando café y obtener un buen grano, limpiando las chacras y cuidando que no entre la broca.¹

La preocupación de la gente por mejorar la producción se basa en que el café lo venden a un precio muy bajo y los beneficios que ellos podrían obtener se lo llevan otras personas. La producción de café está decayendo un poco porque la gente se está optando por sembrar más coca que café.

Por otro lado, han sido testigos de las experiencias de otras comunidades, como por ejemplo la comunidad de Carmen Pampa que se ha beneficiado con una planta de café gracias a la ayuda de Caritas y CENCOOP. Hoy, los comunarios de Carmen Pampa se sienten muy felices porque han logrado vender un mejor café (a mayor precio) y la comunidad se ha hecho más conocida y con el crecimiento de la comunidad hasta se abrieron tiendas de abarrotes.

1.2.1. El nuevo patrón de Desarrollo Nacional

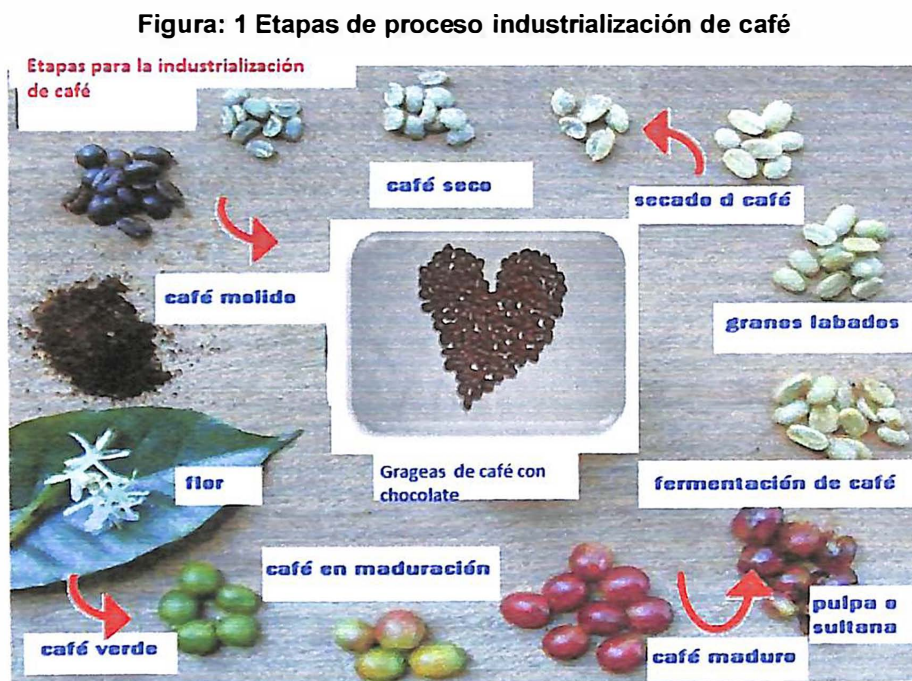
El vivir bien expresa la humanización del desarrollo, concebido como un proceso colectivo de generación, acceso y disfrute de la riqueza en armonía con la naturaleza y la Comunidad. La riqueza, dentro el marco del vivir bien, se interpreta como la abundancia de bienes que debe contemplar tanto lo material, como lo afectivo/subjetivo/intelectual y también lo simbólico/espiritual. Respecto a los bienes económicos, el mandato del Plan Nacional de Desarrollo requiere el cambio del actual patrón de desarrollo primario exportador a otro que

¹ Ver glosario página 93

genere mayor valor agregado con la finalidad de apropiarse un beneficio económico mayor de la producción y que genere nuevas fuentes de trabajo. La Constitución Política del Estado reconoce, dentro de la pluralidad, la economía comunitaria.

1.2.2. Procesamiento general del Café

El grano de Café debe pasar varias etapas para poder llegar al consumidor final. Los procesos involucrados se presentan en siguiente figura.



Fuente: Propia

Siembra

Lo primero que se debe de hacer es almacenar el café y luego esperar dos años o año y medio para la siembra.

El Café es bueno sembrarlo en época de lluvias para que la planta de café no se seque o muera, es por eso que se lo siembra entre los meses de Enero o Febrero.

En un cato (250 m²), caben alrededor de 1100 plantas de café, sembrados cada un metro y medio.

Cuidado

El almácigo se debe cuidar 4 meses: el café se debe desyerbar al año unas 3 veces por lo menos para una buena cosecha de Café.

Cosecha

El Café es un cultivo de cuidado permanente que requiere de podado, se debe cuidar el cafetal cuando el Café esta inmaduro. Primero es de un color verde, conforme va madurando llega a un color rojo profundo que se denomina cereza y está listo para la cosecha. La cosecha empieza en Febrero, después de la cosecha se hace el abonado y para combatir la broca se hace humear. Entre los meses de Marzo y Abril, se realizan dos cosas: la primera es el chajmeo² es cuando el café está empezando a rojear, el segundo es el deshierbe. Entre Mayo y Junio es la cosecha grande, cuando los frutos de la planta de café están todos rojos como cerezas; Julio y Agosto sigue la cosecha grande; Septiembre y Octubre se realiza el chajmeo total del café.

La fase del secado del café al sol se realiza después de la cosecha total para luego almacenarlo. Sin embargo, las cualidades de sabor y olor aparecen cuando los granos de café son tostados a una temperatura adecuada, es en este proceso donde se liberan totalmente diversos gases.

Tostado

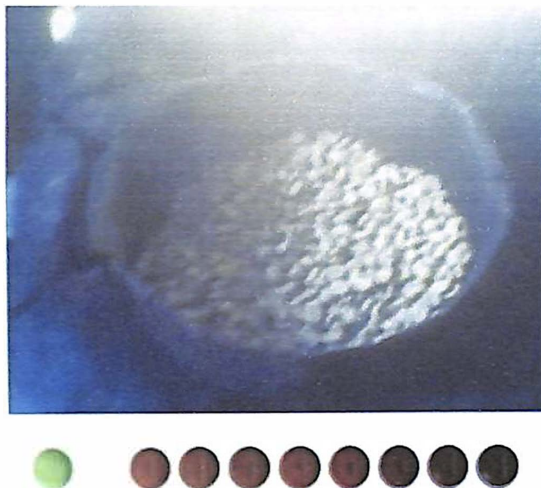
Debido a las condiciones socioeconómicas de la comunidad, el café se tuesta utilizando un fogón encendido con leña o siquili. Lo común es usar un recipiente de metal con un diámetro de 30cm (tipo sartén) puesta sobre el fogón, donde se ponen los granos de café verde. Los granos duplican su

² Ver glosario página 92

tamaño al principio de la aplicación del calor, el color de los granos verdes pasa a amarillo, luego a marrón canela.

Para tratar de obtener un tostado uniforme, se mueven los granos en forma circular con un palito por un tiempo determinado, en el cual se puede observar que los granos pasan por las fases o niveles de tueste: rubio, canela, medio, marrón, marrón oscuro, negro. A menudo, no se logra obtener la uniformidad y el proceso de tostado arroja granos poco tostados o demasiado tostados, en todo caso, como los granos se encuentran calientes, se vacía el café tostado encima de una mesa para que se enfríe.

Figura: 2 Etapas de tueste de café



Fuente: Propia

1.2.3. Granos de café con chocolate

Cuando el tostado es óptimo, el grano de café puede ser consumido en forma de grageas de café con chocolate. Sin embargo, si el café está demasiado tostado, la sensación del sabor es muy “picante” y no atrae consumirlo directamente. Lo mismo si está crudo, ya que no alcanza a obtener el aroma y sabor que es característico del café.

La producción de grageas de café con chocolate es una propuesta nueva para la comunidad. Lo que habitualmente se hace es moler el café para luego consumirlo.

1.2.4. Molido

El molido del café, en la comunidad, se realiza mediante una maquina moledora de café. La máquina está hecha de aluminio y se usa para moler manualmente los granos tostados. Se necesita mucho tiempo para que las partículas tengan un determinado grosor, de tal forma que el café destile bien.

Figura: 3 Maquina moledora de 1kilo



Fuente: Propia

1.2.5. Empaquetado

El empaquetado se realiza manualmente en la comunidad Santa Ana de Pacollo: en una bolsa pequeña de plástico (sin distintivo alguno) se ponen dos tazas de café molido.

1.2.6. Comercialización

La venta o comercialización de café molido se lo realiza en el pueblo de Pacollo, especialmente a los turistas que vienen a conocer o visitar al pueblo. También al Hotel Rio Selva que tiene una gran afluencia de turistas nacionales y extranjeros. Esto ayuda a todas las comunidades, pero en especial a la comunidad Santa Ana de Pacollo, porque así la comunidad puede vender las bolsitas de café molido a los turistas que llegan al hotel.

Automatización del proceso del café en la comunidad de Tlacuilotepec publica” agosto 2007

El municipio de Tlacuilotepec está ubicado en la sierra norte de Puebla limitado al este con el estado de Hidalgo al noroeste con Veracruz la principal derrama económica es obtenida a través del café esto se debe gracias a la condición climatológica templada con lluvias de todo el año.

Tuvo una inversión de 56,000.00 \$us Este trabajo se realizó con el propósito de ofrecer una alternativa a los caficultores del municipio de Tlacuilotepec ellos mismos quieren procesar el café que cultivan, incrementando sus ganancias sin la necesidad de buscar otras alternativas.

El café llegó a Europa en el año 1645 gracias al comerciante veneciano Pietro Della Valle. Inglaterra inició su consumo en 1650 debido al comerciante Daniel Edwards, quien fue el primero que abrió un establecimiento de café en Inglaterra y en Europa. La gran aceptación que tuvo en Europa hizo que se intentara su cultivo en las colonias de altura mar [1]

Propuesta de automatización de beneficio seco de café utilizando un PLC Guatemala agosto 2005

En este trabajo se propone la automatización de beneficios seco de café controlados por autómatas programables o PLC' s programas de computadoras utilizados para (Automatización del preceso de café en la comunidad de Tlacuilotepec puebla , 2007) La monitorización para la detección y retroalimentación de la información de la maquinaria. Tuvo una inversión de 164, 277.75 \$us. [2] (Propuesta de automatización de beneficio seco de café utilizando PLC, 2005)

1.3. Planteamiento del Problema

1.3.1. Problema Principal

Hasta ahora las comunidades han sido solo proveedoras de materia prima, no participando en la transformación de la misma. En este sentido, el retorno mayor de los beneficios económicos, derivados de la comercialización del café, no se quedan ni retornan a la comunidad. Por otro lado, la educación en la comunidad no es del todo productiva respecto al café ya que, actualmente, todo el Know-How tecnológico de la transformación no se desarrolla en las comunidades. La tostadura del café es una fase vital dentro de la cadena de elaboración del café molido que comercializa la comunidad. Esta consiste en tostar los granos para que estos puedan desarrollar sus diferentes aromas en unos cuantos minutos. El método usado en las comunidades para determinar el "punto" de tostado es tan rudimentario que necesita directamente de la pericia, cuidado y experiencia de la comunario para controlar el tiempo y la temperatura del tostado. Permanentemente se observan los granos para juzgar el punto ideal y así concluir el proceso de torrefacción, obteniendo, al final, granos en diferentes niveles de tueste. El buen tueste influye mucho en la calidad de la

gragea de café con chocolate. Sin embargo, el café tostado de la comunidad es heterogéneo respecto a su calidad, a pesar de usar la misma variedad de grano. Por lo descrito, se puede plantear el problema principal de la siguiente manera: El café tostado obtenido en la comunidad presenta demasiada variación en los niveles de tostado que influye directamente en la calidad de aroma y color.

1.4. Formulación del Problema

¿Cómo reemplazar la determinación empírica y subjetiva del nivel de tostado del grano del café, garantizando que se cumpla a cabalidad con los estándares de calidad requeridos por la demanda?

1.5. Propuesta de solución

1.5.1. Fines y propósito

El propósito del proyecto es mejorar la calidad del tostado del café producido por la comunidad de Santa Ana de Pacollo, con el fin de aportar al mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la Comunidad, haciendo que ésta participe, en un futuro cercano, de todos los ciclos de la transformación del café: desde la producción de la materia prima, pasando por la transformación que le añada valor agregado, hasta el desarrollo e implementación de sistemas intercambio justo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo automatizado para el tostado de café que permita el control de tiempo y temperatura en el proceso de torrefacción.

Se espera que la máquina construida mejore el proceso empírico de tostado en las comunidades productoras.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Diseño y construcción del prototipo y mecanismo de tostar:
 - Dimensionar el tostador
- Definir la maquinaria a utilizarse en cada etapa de la producción de grageas.
- Dimensionar las características del control.
- Diseño e implementación del sistema de control de temperatura
- Integración de la célula de fabricación de grageas de café con chocolate.

1.7. Justificaciones

1.7.1. Justificación Teórica

En el presente trabajo se ha utilizado conocimientos adquiridos en Teoría de Control y Robótica. La Teoría de Control ha avanzado en forma acelerada en su marco conceptual, lo mismo que el diseño de sensores digitales que hacen posible una mejor captura de datos. También, la Teoría de Sistemas juega un papel importante en el análisis de la organización comunitaria como una organización diferente a la organización de la economía estatal y privada. En este sentido, la teoría de los sistemas autopoéticos nos da un marco conceptual preciso que define a la comunidad como un ente en el cual la dimensión del ser y el hacer están en un mismo plano

Precisamente, la política de innovación y desarrollo tecnológico se centra en el cambio del patrón primario exportador por otro que se apoye en la

industrialización, para agregarle valor a la producción, incorporando tecnología, tanto en el nivel de equipamiento y manejo de procesos de producción, así como en la inclusión de nuevos y mejores productos para el intercambio justo.

El trabajo de investigación se justifica en la práctica ya que proporciona mecanismos que posibilitan que la producción de café sea de primera calidad, motivándoles en los cambios actuales de la comercialización de café en grano que se produce en la Comunidad Santa Ana de Pacollo.

A través de la propuesta, se pretende eliminar de manera gradual la dependencia que tienen los productores de café de los intermediarios y rescatistas que comercializan el producto tanto en el mercado interno como en el externo, proceso que impide a los productores a acceder a los beneficios económicos de este rubro.

1.7.2. Justificación Metodológica

En el presente trabajo se empleara el Método Deductivo – experimental.

Con el “Método Deductivo “se podrá estudiar el presente trabajo con una herramienta del conocimiento científico ya que en enteste proyecto de grado estoy empleando el conocimiento de la metodología experimental con el propósito mejorar las dificultades la situación general.

Los procesos de Industrialización del Café se desarrollan en todos los continentes, y en general tienden a desarrollarse cerca de los mercados de consumo final del producto. Las diferentes técnicas de industrialización que se aplican pueden llevarse a cabo de la misma forma, por ejemplo, en Italia, Nueva Zelanda o Colombia, en la medida en que se apliquen los mismos conceptos y procesos.

Independientemente de la técnica que se utilice, siempre será fundamental conocer el tipo de materia prima o café. Ninguna técnica puede mejorar la calidad de la materia prima original, lo único que podría hacer es atenuar los defectos de la misma. Es por ello que, independientemente de la técnica de industrialización aplicada, conocer la calidad y el origen del Café es fundamental para poder obtener una experiencia de consumo satisfactoria.

Una porción del café consumido en el mundo se somete a procesos de clasificación y se podría observar que todo el Café que se consume en el mundo ha pasado por el proceso de tostación, de molienda y de extracción.

1.7.3. Justificación Práctica

El trabajo de investigación se justifica debido a que proporciona mecanismos para que la producción de Café sea de primera calidad y se destine al consumo interno, motivando así cambios en la producción de café y en la forma de comercialización del grano que se produce en la Comunidad Santa Ana de Pacollo de la región de Coroico.

A través de la propuesta se pretende eliminar, de manera gradual, la dependencia que tienen los productores de Café de los intermediarios y rescatistas que comercializan el producto, tanto en el mercado interno como el externo, proceso que perjudica a los productores por la imposibilidad que tienen de acceder a mayores beneficios económicos de la transacción.

Esta perspectiva permitirá a los productores a participar en nuevos espacios en el mercado con productos de valor agregado y a la vez ampliará a los de la comunidad en las posibilidades de obtener sus beneficios.

1.7.4. Justificación Social

Generar estrategias de comercialización para los productores de café de la Comunidad Santa Ana de Pacollo de la Provincia de Coroico, permitiendo mejorar los ingresos de este sector productivo.

Al ser el conocimiento un bien público, investigadores y comunidad en general se convierten en protagonistas del proceso Científico tecnológico, aportando al vivir bien con sus conocimientos, saberes y experiencias, recreando equidades de manera que ningún boliviano ni boliviana se sienta excluido del Sistema Nacional de Innovación (SIB).

En que afectaría dicha investigación o que impacto tendría sobre un grupo humano específico, para una comunidad o para la sociedad en general, también se considera si estos resultarían beneficiados con el desarrollo del proyecto.

1.7.5. Justificación Científica

El I+D+i (Investigación, Desarrollo, Innovación) es un proceso con pertinencia y pertenencia, no está centrada sólo en la adquisición de conocimientos, ya que el vivir bien depende tanto de nuestra emocionalidad como de la razón. A través del I+D+i comunitario, la comunidad aprende a aprender, apropiándose socialmente del conocimiento que se interioriza y se convierte en capacidad productiva. Sin perder su condición de actor social, las personas aprenden ciencia y tecnología como miembros de la Comunidad, viviendo su vida diaria. El I+D+i comunitario crea el espacio relacional para que las personas pasen a ser seres productivos respetuosos de la naturaleza, socialmente conscientes en base a la filosofía comunitaria.

1.7.6. Justificación Económica

El costo de tostadoras semiautomáticas en el mercado internacional es de 64.343.0 Bs.de 15 Kilos fuente (www.Mercadolibre.com.mx.) Por tanto, no es viable para las comunidades la adquisición de equipos de alta tecnología, colocándolas en un puesto competitivamente inferior, respecto a las grandes multinacionales dueñas del 70% del mercado del café tostado y productos derivados de éste.

Con la implementación del sistema del tostado automatizado, se obtendrá mayor control de las variables que intervienen en éste proceso, con lo que se garantizará y estandarizará la calidad del producto final.

Se considera que la atención y el desarrollo de demanda interna de Café permitirán lograr un incremento importante del sector, y en especial de los caficultores de la Provincia de Coroico de la Comunidad Santa Ana de Pacollo por proximidad a la Ciudad de La Paz, y por la existencia de medios de transporte que facilita el manejo de café. Como el proyecto se está desarrollando de la Comunidad Santa Ana de Pacollo los pasajes de ida y vuelta tienen un costo de 65 Bs

Se considera que, la atención y el desarrollo de la demanda interna de café permitirán lograr un incremento importante del sector y en especial de los caficultores de la Comunidad Santa Ana de Pacollo por la proximidad a la Ciudad de La Paz. Por una parte, ayudara a ampliar el área de cultivo, a mejorar la producción de Café y mejorar sus relaciones comerciales con las empresas comercializadoras.

- **Venta de café sin los proceso de industrialización**

1 libra	4Bs.
25 libras	100Bs
1 quintal	400 Bs.

- **Venta de café con la industrialización**

1libra	20Bs
25 libras	1000Bs
1 quintal	4000Bs.

1.8. Límites, Alcances y aportes

1.8.1. Límites

Sólo se tomaran en cuenta los parámetros de entrada y salida del sistema automatizado de tostado en función de los variables tiempo y temperatura. No se considerará la humedad. El proyecto se realizará para mejorar el proceso de tostado empírico de la comunidad Santa Ana de Pacollo conformada de 25 familias.

1.8.2. Alcances

El diseño y construcción del prototipo involucra:

- Definición de las características mecánicas del sistema de tostado.
- Definición de las características del sistema eléctrico.
- Definición de las características del control.
- Integración y construcción de un prototipo automatizado que permita la producción de grageas de café con chocolate.
- El presente trabajo no involucra la etapa de producción ni de distribución.

1.8.3. Aportes

La automatización involucra distintas áreas tales como la Informática computación, programación la eléctrica y electrónica, la mecánica (física, matemática), la administración, etc., El trabajo aporta con una metodología que permite a la Ingeniería de Sistemas ser la disciplina que permite realizar la integración de las otras disciplinas con el fin de integrar los conocimientos necesarios para el control automatizado de una Célula de Fabricación Flexible.

1.9. Modelos y Herramientas

Una barrera importante que hay que vencer para la aplicación exitosa de una célula de fabricación flexible y sus sistemas automatizados relacionados es la complejidad cada vez mayor de su modelado, análisis, simulación y control.

Es una herramienta matemática para el estudio de las comunicaciones con los Autómatas. Algunas de las aplicaciones más importantes de las Redes de Petri han sido en el modelado y análisis de los protocolos de comunicación, en el modelado y análisis de los sistemas de manufactura. En esta área, se han utilizado para representar líneas de producción, líneas de ensamble automatizadas, sistema de producción automotriz, sistemas de manufactura flexible, sistemas etc.

1.10. Valor agregado

Se requiere dar valor agregado al beneficio seco del café de la zona de Santa Ana de Pacollo. Los nuevos procesos deben incluir el uso de nuevas herramientas y maquinarias utilizadas en las líneas de producción del Café, de tal forma que puedan ser controladas automáticamente.

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

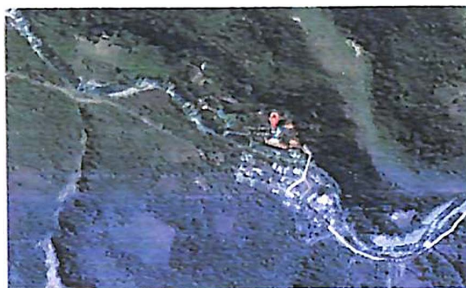
Introducción

El presente proyecto de grado tiene como fin darle mayor valor agregado al Café, en los marcos de la organización comunitaria de las Comunidades Productoras de Café de la zona de Pacollo, proporcionándoles una propuesta desde la Ingeniería de Sistemas para que puedan tomar en cuenta como referencia al momento de pensar en la construcción de una célula de fabricación flexible con la finalidad de que los avances tecnológicos beneficien más a las comunidades productoras.

2.1. Descripción de la comunidad y de la producción del café

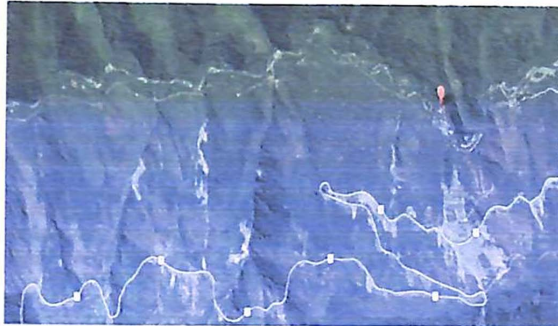
La comunidad Santa Ana de Pacollo se fundó en el año 1939 solamente con 5 familias que habitaban en ese tiempo. El ingreso económico de la comunidad era muy bajo por que existían patrones que obtenían los beneficios mayores de la producción del café. Y desde el año 1952 el café se vendía al precio de 20 Bs. Por 120 Libras Desde 2010 ya habitaban 28 familias y la producción de café fue aumentando. Costos el quintal de café estaba en el año 1939 a 16 Bs y el 2010 esta 400 Bs el quintal de café tiene 4 @ una cada arroba tiene 25 libra.

Figura: 4 Situación geográfica del pueblo de Santa Ana de Pacollo



Fuente: goggle Maps

Figura: 5 Comunidad Santa Ana de Pacollo



Fuente: goggle Maps

2.2. El Café

El Café es uno de los productos básicos más consumidos en el mundo. Su origen se remonta al mudo del Islam. El término Café se deriva del árabe Kahwah que se extendió por el

Figura: 6 Fruto del café



Fuente:http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_café/el_arbol_y_el_entorno.

El grano de Café producido en la Zona de Santa Ana de Pacollo debe pasar varias etapas para poder llegar al consumidor final, en estas participan productores, beneficiadores e industrializadores. Cada etapa involucra un cambio al grano de café, desde que se hace el almácigo hasta que se lo destila para beberlo. El tema central del proyecto de grado se refiere al beneficio seco del café.

2.2.1. El cultivo

El recorrido que sigue la semilla del cafeto hasta llegar a ser una humeante bebida, se inicia en el semillero, donde se pone a germinar la semilla en un almacigo y dos meses después se obtiene una plántula llamada soldadito y cuando hay dos hojitas alcanza la fase de mariposa , y después de una año se trasplanta al terreno .

El café es un cultivo permanente, se siembra y empieza a producir después de 4 años. Su vida productiva puede ser mayor a los 40, su producción se da una vez al año durante lo que se llama ciclo cafetalero. Dependiendo de la zona y la altura es la época de corte. Y en la provincia Nor Yungas se empieza en el mes de febrero hasta agosto y septiembre.

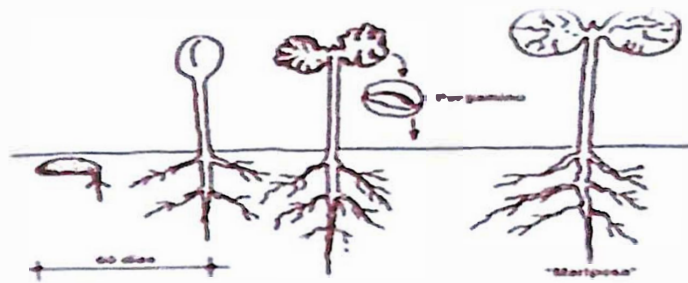
Figura: 7 Semilla de café (almacigo) y primera etapa del crecimiento de planta de café (mariposa)



Fuente: Comunidad Santa Ana de Pacollo

En el almacigo lo primero que se hace es pelar la cascara del café pergamino a si se vuelve pajarito y se introduce a la tierra. El vivero se cubre para que las plantas se adapten al sol, a la sombra y se cubran del golpe de las lluvias. Aquí la planta crece para luego traspasarse al terreno donde se establecerá el cafetal. El establecimiento del cafetal requiere de actividades de trazado, hoyado, tapado, poda, cuidado del cafetal y labores culturales, aquí permanece el cafetal el resto de su vida productiva.

Figura: 8 Imagen del ciclo de crecimiento de café



Fuente: <http://www.cafedecolombia.com/particulares>

2.2.2. La floración

La floración depende de muchos factores, tales como los cuidados que se den a la planta, la regulación de sombra, la edad de la planta, etc. Puede haber de tres a cuatro floraciones y de su número depende el número de cortes. El corte se hace a mano en forma selectiva y sólo se cortan los frutos maduros que son de color cerveza. Los primeros frutos se dan cuando la planta tiene de tres a cuatro años de vida.

Figura: 9 Planta de café aproximadamente de 3 años



Fuente: propia

2.2.3. La cosecha

La cosecha empieza en febrero, el fruto del café, cuando está inmaduro, es de color verde, conforme madura cambia de color hasta llegar al rojo cereza y es el momento para el corte. Para la recolección se utilizan manteles. Todo este proceso se desarrolla de forma manual.

Figura: 10 Cosecha de café guindo entre las fechas de Abril y Junio



Fuente: Propia

2.3. Beneficiado del café

La función que realiza un beneficiado de café es obtener de un grano color rojo profundo o cereza, un grano denominado oro sin cáscara ni residuos contaminantes o que hagan que el café tenga un sabor no deseado.

Beneficios son procesos que se deben planificar incluyendo el uso de instalaciones, máquinas, Hardware y Software. Para poder obtener la mejor calidad del producto, primero se hace el llamado “beneficio húmedo”.

2.4. Beneficiado húmedo

La función principal y el proceso físico del beneficio húmedo es la transformación de Café cereza a café pergamino, donde se eliminan las

primeras dos capas del grano de café (cascarilla y la pulpa) y se obtiene un grano de café con pergamino que es la tercera capa que lo cubre.

A continuación, se resume los procesos de beneficio húmedo del café en la comunidad Santa Ana de Pacollo.

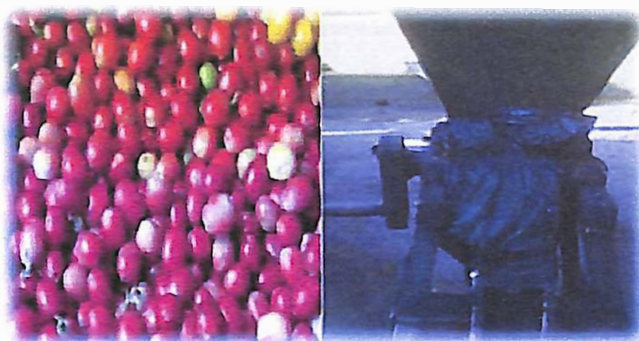
2.5. Despulpado

Lo primero que se debe hacer es ir a la chacra a las 6.30 de la mañana a recoger los gramos cafés o cerezas maduros que son de color rojo.

Una persona en el día debe de reúne o recoge una abolsa o (yute, sacaña) de café para luego llevarlo a la casa.

El mismo día de la recolección del café se debe pelar los granos de café se despulpan, retirando la cereza del grano.

Figura: 11 Café guindo y maquina moledora de café



Fuente: Propia

2.6. Fermentación

La fermentación empieza en cuanto se acaba de moler el café, se lo pone en un (yute, sacaña) para que salga todo el dulce pegajoso del café y luego ponerlo al estanco con agua, tiene que estar 24 horas sumergido porque de otra forma el café adquiere un color negro.

En esta parte del proceso, los granos permanecen en reposo en un estanco.

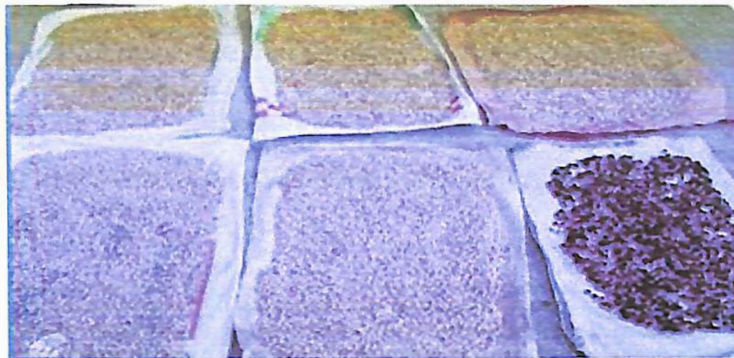
2.7. Lavado y Escurrido

En un estanco con agua limpia se coloca el café para luego retirar los restos de mucilago que quedan en el grano y se eliminan los azúcares.

2.8. Pre secado y secada del café

Después de lavar los granos, se los expone al calor del sol para que el grado de humedad disminuya, facilitando su conservación. El grano seco se empaca en sacos limpios, se retira la cáscara que cubre el grano, llamada pergamino.

Figura: 12 Café en proceso de secado



Fuente: Propia

2.9. Almacenamiento y depósito

Esta etapa es de mayor importancia ya que el Café pergamino que se encuentra seco se almacena en bolsas o (yutes “saquillos”) de producto terminado donde se contribuye a dar mayor uniformidad y presentación del producto para su traslado y posterior venta.

Las posibles formas de almacenar el producto es acumular el café en sacos, utilizando para ello un cuarto o un depósito.

Figura: 13 Almacenamiento y depósito de café



Fuente: Propia

2.10. Trillado y pulido

Esta operación es necesaria para separar el pergamino que está adherido (con broca) para que no contagie al grano de café.

Para realizar esta operación se utilizan máquinas trilladoras, que también son trilladoras que sirven para succionar. En esta etapa que se obtiene en café denominado oro.

2.11. Beneficio seco

Es la fase complementaria de los granos de café lavados donde se transforman de café pergamino a café oro. Estos granos de café pasan directamente del corte al beneficio seco. El proceso del beneficiado seco consiste en quitarle la cáscara o pergamino al café mediante el norteó para obtener el café pajarito.

Los beneficios secos de café son las actividades para obtener café oro a partir del grano de café proveniente del beneficio húmedo denominado

pergamino Aunque parte del café pergamino se vende, hay una parte que termina el proceso de beneficio seco En la comunidad se hacen las siguientes actividades retirar impurezas, clasificar el grano, descafeinar, tostar, moler, empaquetar, almacenar y por último comercializar el producto.

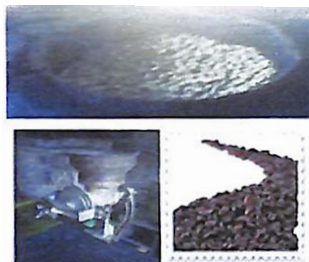
2.12. Tostado

Para el tostado del café lo primero que se hace es la selección del grano, luego pelarlo y secarlo, para luego llevarlo a la torrefacción o al tueste.

Las cualidades de sabor y olor solo aparecen cuando los granos de café son tostados a 220 grados centígrados aproximadamente La temperatura se eleva gradualmente hasta que se liberan totalmente diversos gases, durante el proceso de tostado los granos aumentan su volumen hasta el 100% y disminuyen su peso entre el 15 al 25% Su textura es porosa y aparece su exquisito aroma, durante la torrefacción se realizan cambios en su estructura química, se forman proteínas y aceites esenciales como el café que son los responsables de su aroma y sabor.

Los productores de la comunidad Santa Ana de Pacollo hicieron una prueba por primera vez en el tostado con 700 pepitas igual a ½ libra de café que lo cual obtuvieron un resultado para el molido de café.

Figura: 14 Proceso de molido de café (tostado, molido)



Fuente: Propia

Es resultado de la prueba que hicieron los de la comunidad Santa Ana de Pacollo, con el café en el proceso de molido.

1º En pesaron la prueba con 700 pepas que equivalen a 1Libra de café pero las pepas de café no estaban tostadas.

2º En peso el proceso de tostar con las 700 papas de café evidentemente si existió una merma de $\frac{1}{4}$.

3º Luego de haber realizado los pasos empezaron a moler el café en la máquina manual mente y también existió una merma de $\frac{1}{2}$ de café.

Después de seguir todo el proceso finalmente el café se quedo con un peso de unos 115 gramos.

2.13. Automatización

La automatización se puede definir como la construcción de sistemas de producción o fabricación flexible que se pueden integrar para ser monitoreados y controlados, reduciendo la intervención humana; esto se realiza por medio de dispositivos electrónicos, mecánicos o neumáticos que son controlados por medio de programas o computadoras y que son ejecutados desde autómatas o controladores programables. Esta automatización involucra preparar la maquinaria para su posterior control por medio de dichos dispositivos y además utilizar sensores para su retroalimentación.

La retroalimentación o realimentación es utilizada para el control automático; dónde se provee a algún equipo de su autocontrol. Los dispositivos que realizan la tarea de retroalimentación pueden ser los encargados de que las máquinas puedan accionarse o detenerse en un tiempo determinado con anterioridad, o dependiendo de la tarea que se les asigne.

2.14. Automatización industrial

La automatización es una palabra griega específica para hacer maquinas o dispositivos capaces de imitar las funciones y los movimientos de los seres vivos.

Es el uso de computadoras para controlar las maquinas industriales y procesos reemplazando los operadores humanos.

2.15. Sistema automático

Sistema automático es aquel capaz de tomar decisiones inteligentes, de manera automática, basado en el conocimiento que de sí mismo y del proceso que gobierne tiene, es una situación dada.

2.16. Términos asociados

- **Autónomo:** Sistema que puede tomar decisiones.
- **Autoajutable:** Selecciona estrategias de acuerdo a su estado.
- **Inteligente:** Utiliza modelos inteligentes para evaluar alternativas y tomar decisiones.

2.17. Proceso industrial

- **Proceso lote:** Cuando el resultado de un proceso industrial es una cantidad finita de material, hablamos de proceso lote.
- **Proceso continuo:** En caso contrario se obtiene un flujo continuo de material y entonces hablamos de procesos continua. La automatización, entonces, se establece como forma de ordenación a partir de la

secuencia automática de tareas y regulación de variables para que sigan consignas impuestas.

2.18. Propósitos económicos

2.18.1. Realidad

- Una sociedad abierta:
 - Precios, productos, costos de producción son conocidos por todos los participantes.
 - Los consumidores seleccionan el mejor producto al mejor precio.
 - La competencia tiene nuevos métodos de producción.
 - La competencia responde rápidamente ante requerimientos del mundo.
- Reingeniería del proceso costosa:
 - Infraestructura difícil de cambiar.

2.18.2. Salida

- **Mejorar la cadena productiva**
 - Mejorar los procesos de transformación de la materia.
 - Dimensionar los costos de producción.
 - Eliminar desperdicios.
- **Manejar la información del mercado**
 - Determinar los mejores proveedores.
 - Determinar precios y calidad esperada, oferta, demanda.

- **Responder eficientemente ante cambios**
 - Ajustes internos en la cadena de productiva.
 - Manejo eficiente de los procesos.

2.19. Ingeniería

- **Seguridad de las operaciones**
 - Evitar daños al hombre, ambiente, equipos.
 - Mantener la operación de manera segura y continua.
- **Comodidad de la operación**
 - Facilitar la operación del hombre.
 - Evitar labores tediosas.
- **Conocer mejor el proceso**
 - Analizar los datos.
 - Generar modelos.

La respuesta de un sistema está determinada por las leyes internas del sistema.

2.20. Clasificación

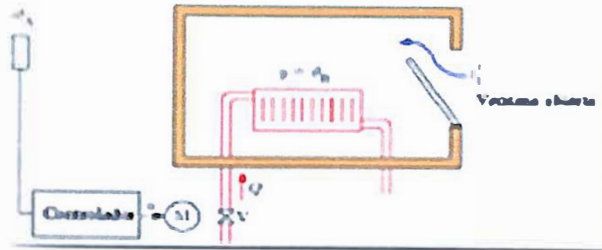
- **Mecanizados**

Realizar tareas repetitivas, no varían ante diferentes entradas.

- **Sistema a lazo abierto**

No presentan control. Su respuesta depende de las entradas.

Figura: 15 Sistema lazo abierto

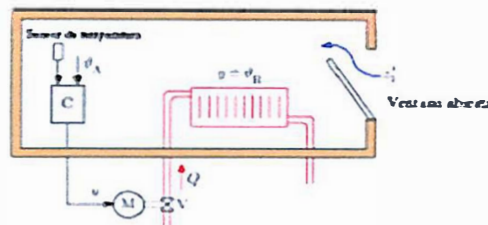


Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

- **Sistemas a lazo cerrado**

Las entradas son manipuladas con el fin de que el sistema una respuesta esperada.

Figura: 16 Sistema a lazo cerrado



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

2.21. Evolución de la información para automatización

- **Datos**

Valores de variables de un proceso o del ambiente donde se desarrolla el proceso.

- **Información**

La selección de los datos, ubicación dentro de un contexto, suministran información que ayudan en la toma de decisiones.

- **Conocimiento**

- Asociación a los mecanismos de toma de decisión.
- Como manejar las situaciones.
- Alternativas ante eventos.

- **Desarrollo de la microelectrónica**

Incorporación de dispositivos a bajo en toda la cadena de producción.

Figura: 17 Desarrollo de la microelectrónica

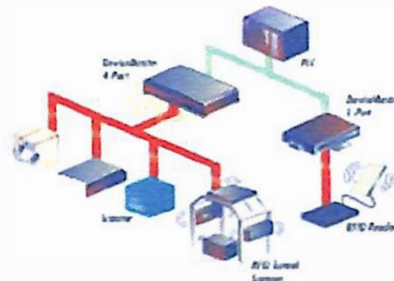


Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

- **Desarrollo de las comunicaciones**

Transferencia de información entre los diferentes puntos de generación y consumo de información.

Figura: 18 Desarrollo de las comunicaciones

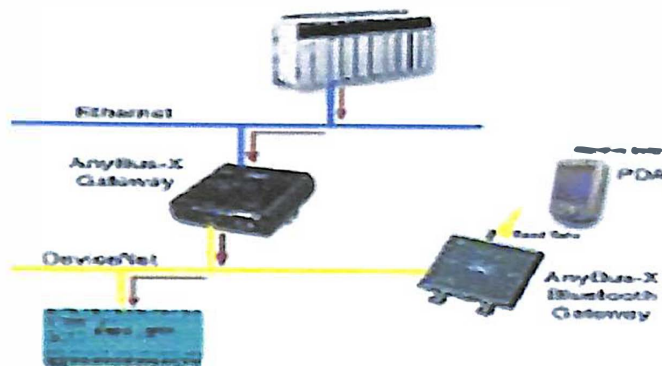


Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

- **Nuevas técnicas y enfoques**

Desarrollo e integración de diferentes áreas del conocimiento en el proceso de modelado y construcción de sistema de toma de decisiones.

Figura: 19 Nuevas técnicas y enfoques



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

2.21.1. Instrumentos para lograr la automatización

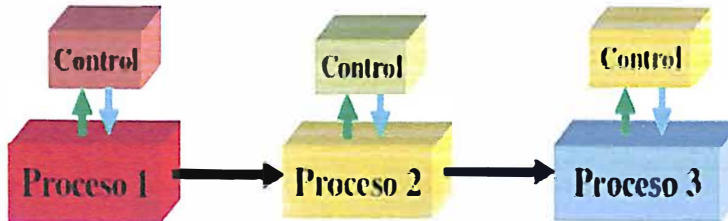
Figura: 20 Inteligencia de Áreas de conocimiento en automatización



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

2.21.2. Evolución en automatización

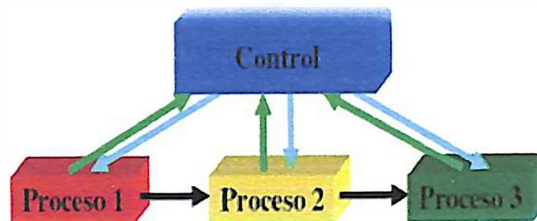
Figura: 21 Etapa 1- Sistemas desconectados



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

- El proceso se ve de manera independiente Cada sistema de control se ocupa de una “parte “de la planta.
- No hay conexión con los otros elementos.
- Solo importan los aspectos de regulación del proceso.
- La tecnología es propietaria. Por ende cerrada.
- La coordinación entre los procesos productivos es manejada de manera manual.
- Se fijan a prioridad las consignas.

Figura: 22 Etapa2 - sistemas centralizados

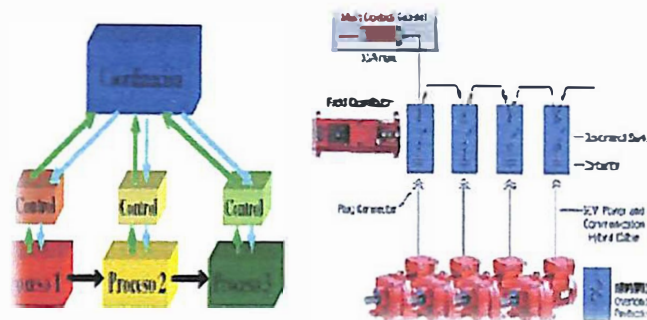


Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

- Introducción de los aspectos de coordinación.
- Mayor reactividad.
- Se evitan incoherentes entre formas de operación.

- Sistema de apoyo al operador (Sistemas Expertos en Línea).
- Interfaces orientadas al usuario.
- Especialización de los equipos.

Figura: 23 Etapa3 - sistemas Descentralizados



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

Figura: 24 Descentralización jerárquicos (situación actual)



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

- Coordinación, inteligencia en campo, optimización centralizada.
- Modelos de Integración PERA, SP95.
- Descripción utilizando XML.
- Uso de orientación a objetos.

2.22. Sistemas de manufactura

2.23. Definiciones básicas

- **Manufactura**

Es en conjunto correlacionado de actividades y operaciones, las cuales incluyen diseño de productos, selección de material, planificación, producción, inspección, gerencia y mercadeo de productos, para la industria de la manufactura.

- **Manufactura producción**

Es una serie de procesos adoptados para fabricar un producto, procesos semejantes excluyendo las actividades de diseño, planificación y control de la producción.

- **Procesos de manufactura**

Son las actividades de más bajo nivel usadas para hacer o construir productos.

Maquinas tradicionales como: Taladradores, tornos, etc. Y avanzadas como: Electroquímicas, electro descargas.

- **Ingeniería manufactura**

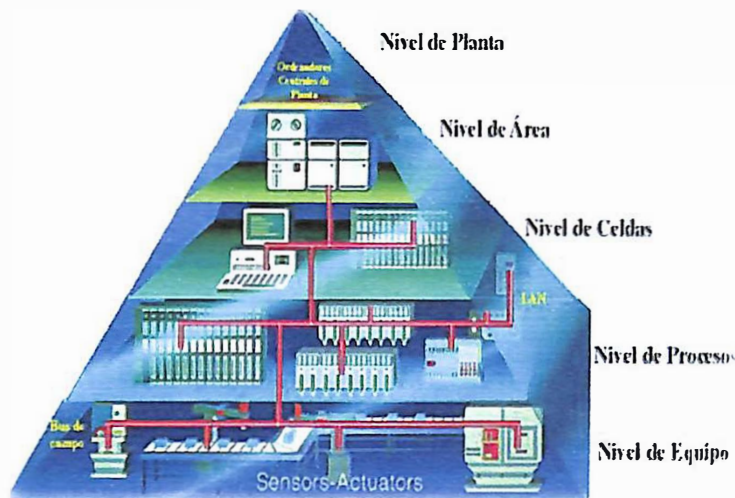
Involucra el diseño operación y control de los procesos de manufactura. Es el corazón del diseño, planificación y control de los sistemas de manufactura, que requiere el conocimiento de otras ingenierías tales como: eléctrica, mecánica, química, materiales y sistemas, e informática.

- **Sistemas de manufactura**

Es una organización que comprende diferentes interrelacionados conjuntos de manufacturas. Su objetivo es la interface a las funciones de producción como actividades fuera de ella, con el objeto de realizar la

optimización del rendimiento total del sistema de producción. Las actividades de este subconjunto incluyen diseño, planificación, manufactura y control. Estos subconjuntos están también conectados con actividades como: cuentas, mercadeo, financiamiento y personal.

Figura: 25 Componentes básicos de un Sistema CIM



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

La maquinaria utilizada en el beneficio seco es variada. Esta maquinaria se encontrará controlada por medio de la retroalimentación del sistema utilizando sensores, conmutadores, dispositivos de control, etc.

2.24. Nivel de equipo

Estos dispositivos son los encargados de que las máquinas puedan ponerse en marcha, detenerse en un momento determinado, incrementar su funcionamiento, inspeccionar el producto, comprobar con los estándares de calidad, comparar sus dimensiones, controlar su temperatura interna y realizar mediciones al producto a procesar.

- **Sensores**

Un sensor es un dispositivo que detecta, o censa manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc.

Figura: 26 Sensores



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis - GUC

- **Tipos**

- Sensores técnicos.
- Sensores electromagnéticos.
- Sensores químicos.
- Sensores ópticos.
- Sensores ópticos y de radiación.
- Sensores acústicos.

- **Actuadores**

Actuación puede ser.

- Acción física directa sobre un proceso como parar una cinta.
- Acción indirecta como activar una señal electrónica que tiene un efecto sobre un proceso. Un relee es un actuador que puede encender un horno a través de activar el circuito electrónico del horno.

-

- **Tipos**

- Cilindros neumáticos o hidráulicos.
- Solenoides.
- Redes.

- **Accionados**

- Como los actuadores, las accionadas reses actúan sobre un proceso.
- Los accionados ejecutan mas movimientos continuos como la rotación.
- Acciones electrónicas.

2.25. Control numérico computarizado

En una maquina CNC (Control Numérico Computarizado). Un computador controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la maquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como circuitos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

La maquina CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requiere para el maquinado de complejos moldes y troqueles.

2.26. Micro controlador programable (PIC's)

Un autómata programable industrial (PLC) es un equipo electrónico de control con un cableado interno independiente del proceso a controlar, que se

adapta a dicho proceso mediante un programa específico que contiene la secuencia de operaciones a realizar.

El micro controlador integra todas las prestaciones del PIC micro de Microchip con la capacidad de comunicación para aplicaciones de baja potencia. Estos dispositivos ofrecen un diseño muy comprimido para ajustarse cada vez más a las demandas y a los requerimientos de miniaturización en aparatos electrónicos.

Figura: 27 Micro controlador



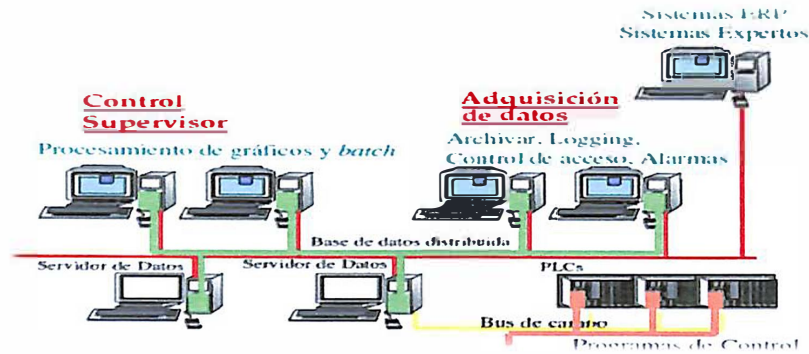
Fuente: USB 32-Bit Whacker - PIC32MX460 Development Board

Programación Diagrama de contactos.

- Lista de instrucción (IL).
- Lenguaje literal estructurado.
- Micros controladores.
- **Monitorización y control supervisor**

Es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo.

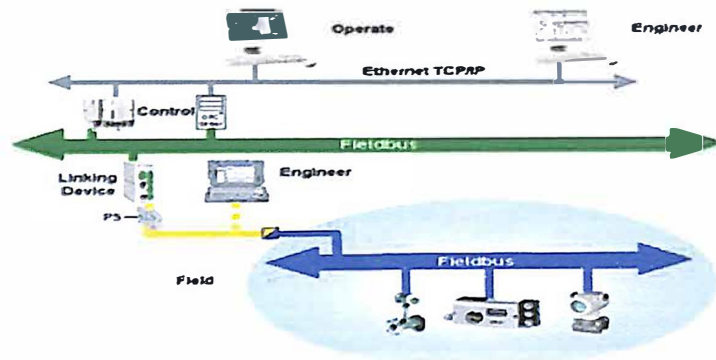
Figura: 28 Monitorización y Control Supervisor



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

- **Esquemas de comunicación**

Figura: 29 Buses de campo



Fuente: CICC2007 ©Dr. Alaa Khamis – GUC

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

MARCO PRÁCTICO

III. MARCO PRÁCTICO

Introducción

En el marco práctico, se presentará todos los pasos metodológicos que permiten diseñar y construir la célula de fabricación flexible para el tostado uniforme del café. Primero se hará un diseño y construcción de software (Computer Aided Design) que apoye el proceso de diseño de la máquina tostadora a la cual nos referiremos como robot, usando la terminología flexible de JIRA (Japanese Industrial Robot Association) que define a un robot como un dispositivo con grados de libertad que pueden ser controlados. Un simulador de sistemas de fabricación flexible permite dimensionar adecuadamente la célula, informando sobre su rendimiento y comportamiento [Casis 95]. Con el CAD se establecerá y definirá la morfología del robot que permita decidir sobre la estructura mecánica, el tipo de eslabones y articulaciones. Una vez concluido el modelo matemático cinemática del robot se procede a la construcción física. Luego, se definen el *layout* que la disposición de los demás elementos que complementan el proceso de producción que le da valor agregado al tostado del café, en el presente caso, el valor agregado es la obtención y empaque de grageas de café chocolatadas. El sistema de control es manual pero está automatizado con el uso de un sensor que permite leer la temperatura a distancia. Este sistema montado, ha permitido uniformar la calidad del café tostado de tal modo que sea agradable al paladar, cosa que era difícil lograr cuando el tostado se hacía completamente manual en un sartén. Una vez uniforme, se espera que el producto sea del agrado de las personas y de esta manera incrementar la demanda de las grageas y vender el café con valor agregado.

3.1. Diseño y control de una célula robotizada

La célula de producción robotizada tiene como objetivo principal la producción de grageas de café con chocolate, aunque la flexibilidad permite también tostar maní que se produce en la zona y producir maní chocolatado, sin embargo, la novedad está en el café chocolatado y es en la obtención de este producto que se concentra el resto del marco práctico.

3.1.1. Producto

Figura: 30 Grageas de café con chocolate



Fuente: Propia

Tal como se muestra en la figura 30, el producto que se pretende obtener consiste en granos de café pajarito tostado bañado en chocolate, que tengan un sabor delicioso y crocante, resultado de una agradable combinación del amargo del café con el dulce del chocolate. Los ingredientes principales son: azúcar, chocolate, grano de café pajarito tostado a un punto determinado y un poco de leche entera. Estas grageas se presentan para el consumo empacado en bolsas que contienen 10 unidades. En la siguiente imagen, se muestra un empaque diseñado en el presente proyecto de grado

Figura: 31 Balsa de 10 unidades (producto final) de las grageas de café con chocolate, e información del producto QR



Fuente: Propia

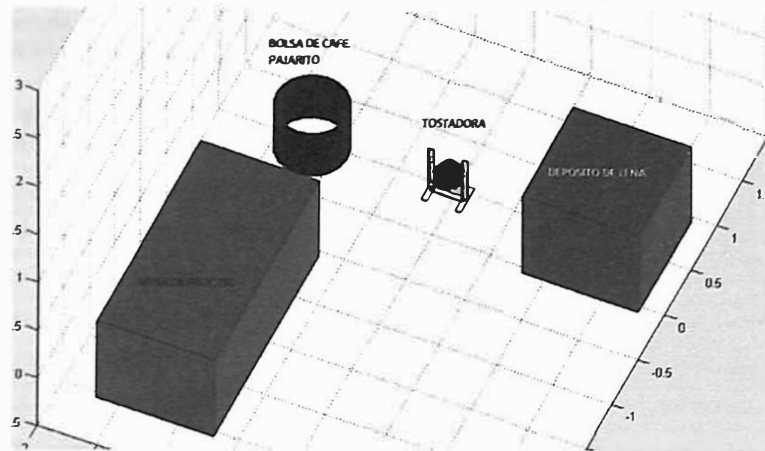
3.1.3 Lay-out

La disposición de la tostadora de café es centralizada, alrededor se encuentra la bolsa de café pajarito o pergamino, este es el grano de café que ya no tiene ninguna cáscara y se lo usa para darle una textura más suave a la grajea. Al lado derecho, más o menos a un metro y medio, se encuentra el depósito de leña, la leña más utilizada es el siquili³ que abunda en la región y seca rápido. El depósito tiene, aproximadamente, un volumen de un metro cúbico que almacena leña para diez sesiones de tostado. Al lado izquierdo, debajo de la bolsa de café, se encuentra la mesa de procesado de grageas, esta mesa es lo suficientemente amplia como para albergar los utensilios del proceso de chocolado (las barras de chocolate, los instrumentos del baño

³ Ver glosario página 93

María, los moldes). Asimismo, se dispone sobre esta mesa las herramientas para el empaque: selladora, y bolsitas de empaque. La mesa, sirve también de superficie para colocar la pistola del sensor de temperatura y el reloj. En la Figura 32, se muestra un esquema del lay-out.

Figura: 32 Se muestra la disposición de los principales componentes de trabajo que acompañan a la tostadora, en el proceso de manufactura de grageas de café chocolatado



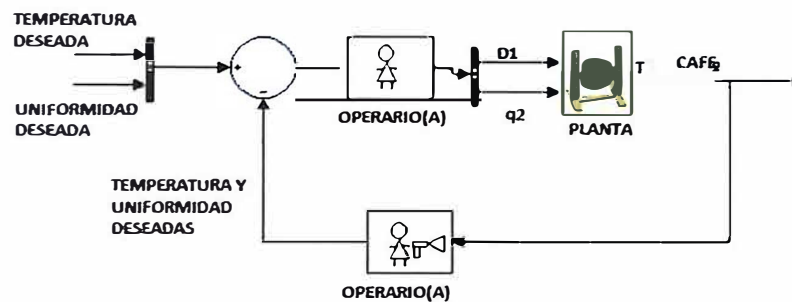
Fuente: propia

3.1.4 Arquitectura de Control

La estrategia de control es el control con retroalimentación. El bucle lo cierra el operario o la operaria. Las variables a controlar son la temperatura y el tiempo de tostado que juntos proporcionan uniformidad al tostado. Es importante reiterar que la uniformidad del tostado resulta de importancia en la fabricación de grageas, pues todas deberán tener un sabor uniforme. La temperatura se medirá con un termómetro infrarrojo en forma de pistola, este termómetro permite medir la temperatura a una distancia de hasta treinta pulgadas con un amplio intervalo de temperatura de -35°C a 400°C . La temperatura ideal de tostado está cerca de los 180°C . El operario puede tener tres acciones de control: subir la olla, voltear la olla, aumentar leña. Lo más recomendado es mantener un fuego constante y subir o bajar la olla. El

operario, también, puede juzgar sobre el aroma y la uniformidad del tostado. En la figura siguiente, se muestra la arquitectura del sistema de control.

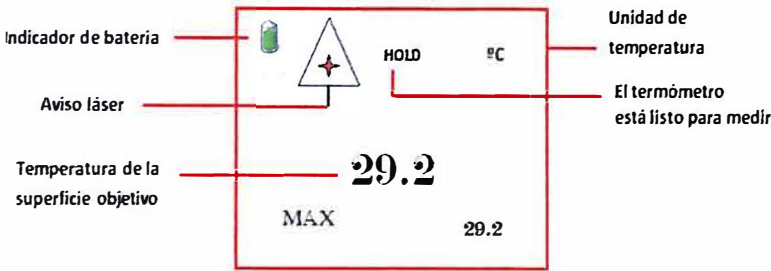
Figura: 33 Se muestra la arquitectura de control, donde el operario participa en el secado y en el accionamiento para controlar la temperatura y tiempo de tostado con la finalidad de obtener uniformidad.



Fuente :Propia

A continuación, se darán algunos detalles del sensor de temperatura. En el envase del termómetro infrarrojo se encuentra además una guía para el usuario y un manual de inicio rápido, de esta forma el operario tiene una descripción clara para el uso del termómetro. El termómetro viene con una pantalla fácil de leer, incluso en condiciones de baja iluminación. Funciona con dos pilas AAA, cuando la carga esta baja aparece el ícono de batería baja. Para tomar las medidas se debe pulsar el activador y apuntar el termómetro hacia el objetivo, dirigiendo el rayo laser para ver la temperatura del fondo de la olla. Se puede elegir entre grados Fahrenheit y Celcius, lo recomendable es Celcius.

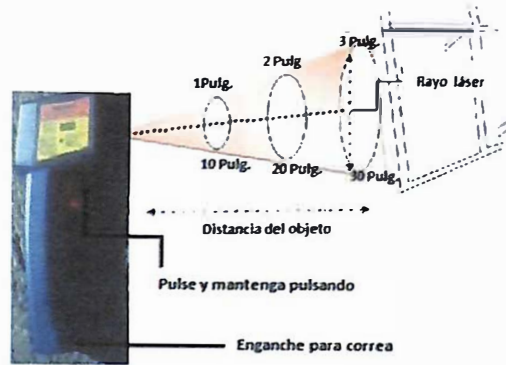
Figura: 34 Pantalla de control del termómetro laser



Fuente: propia

ESPECIFICACIONES DEL TERMÓMETRO	
Intervalo de medidas	-31° F - 752° F(-35-400° C)
Intervalo de operación	- 32 - 122° F (0-50° C)
Precisión	
Tamb = 25°C, Tobj = 15-35°C	±1,5 °C
Tamb = 23 ±3°C, Tobj = 0 -355°C	±2,5 % de lectura o
2,5°C	la que sea mayor
Tamb = 23 ±3°C, Tobj = 35-0°C	±(2,5°C+0,05/grados)
Resolución (-9,9– 199,9°C)	1 segundo
Rango de emisividad	0,95 fijo
Relación distancia: punto	10:1
Apagado automático	15 segundos
Vida de la batería	tiempo 14 horas de uso continuo
Dimensiones	6, 180 x 1,42x 2, 81 pulg. (172,9 x 36,0x71, 5xmm)
Peso incluyendo las pilas	5,36,onzas (152 gramos)

Figura: 35 Termómetros laser de amplio intervalo de temperatura manual

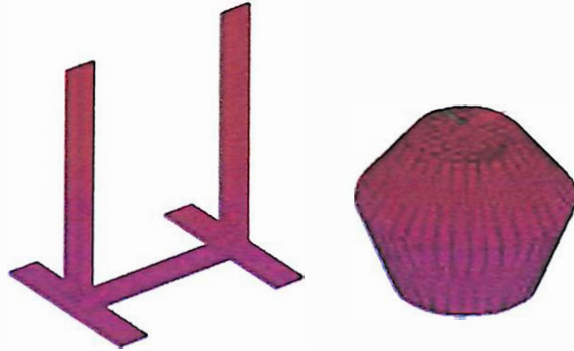


Fuente: Propia

3.1.5. Diseño de la tostadora asistido por computador (CAD)

Antes de la construcción física de la tostadora, es necesario diseñar sus principales características cinemáticas con ayuda del computador. En el presente trabajo, se usará el ambiente del MATLAB® para simular el robot. Empezamos diseñando la base del robot, esta consta de cinco piezas, dos verticales y tres horizontales. Sobre las piezas verticales se monta el primer eslabón móvil que tiene una articulación tipo prismática que permite desplazar la olla hacia arriba o hacia abajo. El segundo eslabón móvil tiene una articulación rotacional y es la que permite voltear la olla para obtener un ángulo que permita graduar la uniformidad del tostado. El tercer eslabón es del tipo rotacional y es que hace que la olla gire a la velocidad que es proporcionada por el motor. Una vez diseñados los eslabones, es preciso integrarlos para obtener el modelo cinemática de la tostadora.

Figura: 36 Diseño de la base y la olla de la tostadora comí automático con 2 vértices horizontales y 3 vértices verticales para Mat Lab.



Fuente: Propia

Una vez definidos los tres grados de libertad, se procede a la integración de las piezas, para esto se usará el algoritmo de Denavit y Hartenverg estándar.

Dado que el producto de matrices no es conmutativo, las transformaciones se han de realizar en el orden indicado. Junto con la definición de los 4 parámetros de Denavit Hartenberg, conforman el siguiente algoritmo para la resolución del problema cinemático directo.

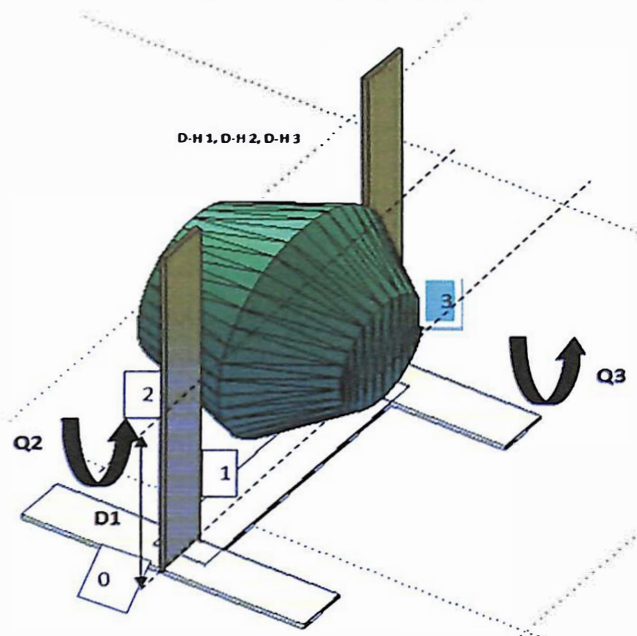
- 1.- Rotación alrededor del eje Z_{i-1} un ángulo θ_i .
- 2.- Traslación a lo largo de Z_{i-1} una distancia d_i ; vector $d_i(0, 0, d_i)$.
- 3.- Traslación a lo largo de X_i una distancia a_i ; vector $a_i(a, 0, 0)$.
- 4.- Rotación alrededor del eje X_i un ángulo α_i .

DH 1. Numerar los elementos comenzando con 1 (primer eslabón móvil de la cadena) y acabado con n (último eslabón móvil). Se numerará como eslabón 0 a la base fija de la maquina tostadora de café.

DH 2 Numerar cada articulación comenzando por 1 (la correspondiente al primer grado de libertad) y acabando en n.

DH 3. Localizar el eje de cada articulación. Si ésta es rotativa, el eje será su propio eje de giro. Si es prismática, será el eje a lo largo del cual se produce el desplazamiento.

Figura: 37 Descripción de los grados de libertad según Denavit Hartenberg en la maquina tostadora de café



Fuente: Propia

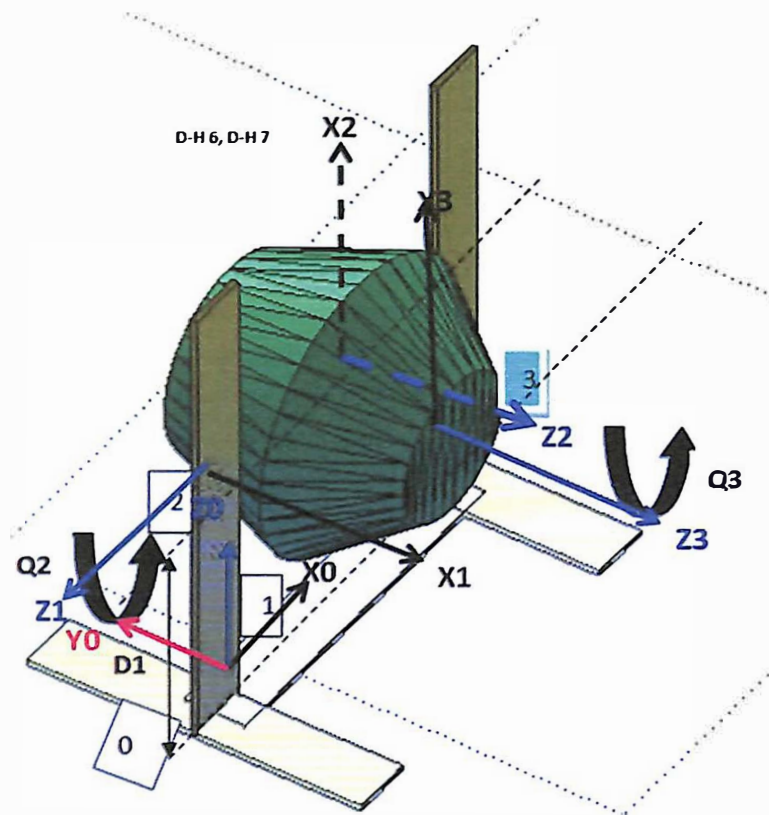
DH 4. Para i de 0 a $n-1$ situar el eje z_i sobre el eje de la articulación $i+1$.

DH 5. Situar el origen del sistema de base $\{S_0\}$ en cualquier punto del eje z_0 . Los ejes x_0 e y_0 se situaran de modo que forman un sistema dextrógiro con z_0 .

• • • • •

DH 7. Situar x en la línea normal común a Z_{i-1} y Z_i .

Figura: 39 Determinación de los x_i según Denavit Hartenberg para la maquina tostadora de café

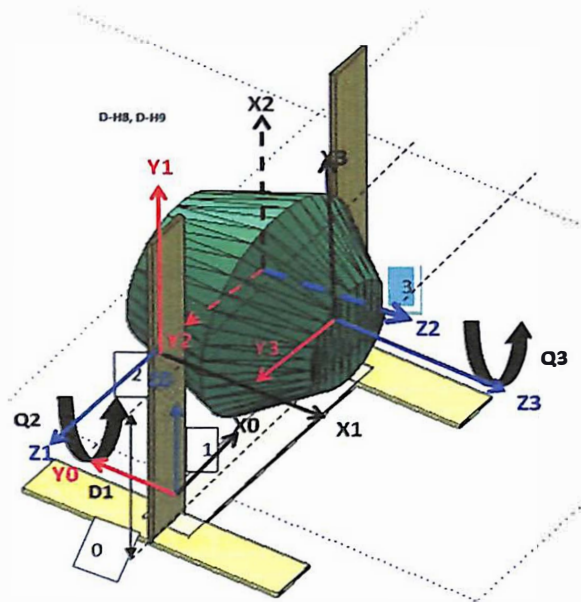


Fuente: Propia

DH 8. Situar Y_i de modo que forme un sistema dextrógiro con X_{i-1} y Z_i .

DH 9. Situar el sistema $\{S_n\}$ en el extremo de la maquina tostadora de café de modo que Z_n coincida con la dirección de Z_{n-1} y X_n sea normal Z_{n-1} y Z_n .

Figura: 40 Descripción final de la determinación Denavit Hartenberg para la máquina de tostar café



Fuente: Propio

DH 10. Obtener θ_i como el ángulo que hay que girar en torno a Z_{i-1} para que X_{i-1} y X_i queden paralelos.

DH 11. Obtener d_i como la distancia, medida a lo largo de Z_{i-1} que habría que desplazar $\{S_{i-1}\}$ para que X_i y X_{i-1} quedasen alineados.

DH 12. Obtener α_i como la distancia, medida a lo largo de Z_{i-1} , (que ahora coincidiría con X_{i-1}) que habría que desplazar el nuevo $\{S_{i-1}\}$ para que su origen coincidiese con $\{S_i\}$.

DH 13. Obtener α_i como el ángulo que habría que girar en torno a X_i para que el nuevo $\{S_{i-1}\}$ coincidiese totalmente con $\{S_i\}$.

DH 14. Obtener las matrices de transformación ${}^{i-1}A_i$ definidas

DH 15. Obtener la matriz de transformación que relaciona el sistema de la base con el del extremo de la máquina tostadora de café $T = {}^0A_1 \cdot {}^1A_2 \cdot \dots \cdot {}^{n-1}A_n$.

DH 16. La matriz T define la orientación (sub matriz de rotación) y posición (sub matriz de traslación) del extremo referido a la base, en función de la n coordenada articulares.

Los cuatro parámetros de D-H (θ_i , d_i , a_i , α_i) dependen únicamente de las características geométricas de cada eslabón y de las articulaciones que le unen con el anterior y siguiente. En concreto estos representan.

θ_i Es el ángulo que forma los ejes x_{i-1} y x_i medido en un plano perpendicular al eje z_{i-1} , utilizando la regla de la mano derecha. Se trata de un parámetro variable en articulaciones giratorias.

d_i Es la distancia a lo largo del eje z_{i-1} desde el origen del sistema de coordenadas (i - 1)-ésimo hasta la intersección del eje z_{i-1} con el eje x_i . Se trata de un parámetro variable en articulaciones prismáticas.

a_i Es la distancia a lo largo del eje x_i que va desde la intersección del eje z_{i-1} con el eje x_i hasta el origen del sistema i-ésimo, en el caso de articulaciones giratorias. En el caso de articulaciones prismáticas, se calcula como la distancia más corta entre los ejes z_{i-1} .

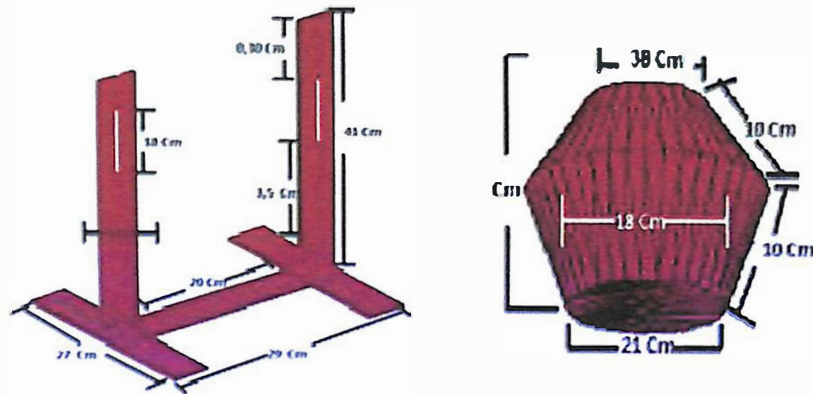
α_i Es el ángulo de separación del eje z_{i-1} y el z_i , medido en un plano perpendicular al eje x_i , utilizando la regla de la mano derecha.

Tabla de parámetros Denavit Hartenberg para la tostadora

i	Q_i	d_i	a_i	α_i
1	$90^\circ -$	d 1	0	90
2	$+90^\circ + q_2$	-d 2	0	90°
3	q_3	Alt/2	0	0

3.1.6. Características geométricas

Figura: 41 Dimensión de los componentes de la tostadora de café



Fuente : Propia

3.1.7. Características Cinemáticas

Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior, se denomina grado de libertad (GDL). En el presente caso tenemos una articulación prismática que permite subir y dos rotacionales para voltear y girar. Las limitaciones físicas sobre los movimientos independientes son las siguientes:

1. El desplazamiento puede ir desde 10 a cm hasta 30 centímetros
2. El segundo grado de libertad que voltear la olla puede ir desde -90 grados hasta 90 grados.
3. El giro se puede realizar solo a 33 revoluciones por minuto.

La cinemática directa está descrita por la matriz de transformación homogénea total, que relaciona las coordenadas de sistema S3 con el sistema S0. Se la escribe de la siguiente forma:

$$T = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{n} & \bar{o} & \bar{a} & \bar{p} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- p representa la posición del origen de S3 con respecto del sistema S0.
- n representa las coordenadas del eje X3 del sistema S3 con respecto del sistema S0.
- o representa las coordenadas del eje Y3 del sistema S3 con respecto del sistema S0.
- a representa las coordenadas del eje Z3 del sistema S3 con respecto del sistema S0.

3.1.8. Simulación

El programa de simulación Olla3G.m consta de tres módulos importantes: El módulo de la carga de datos, el módulo de inicialización y el módulo de animación.

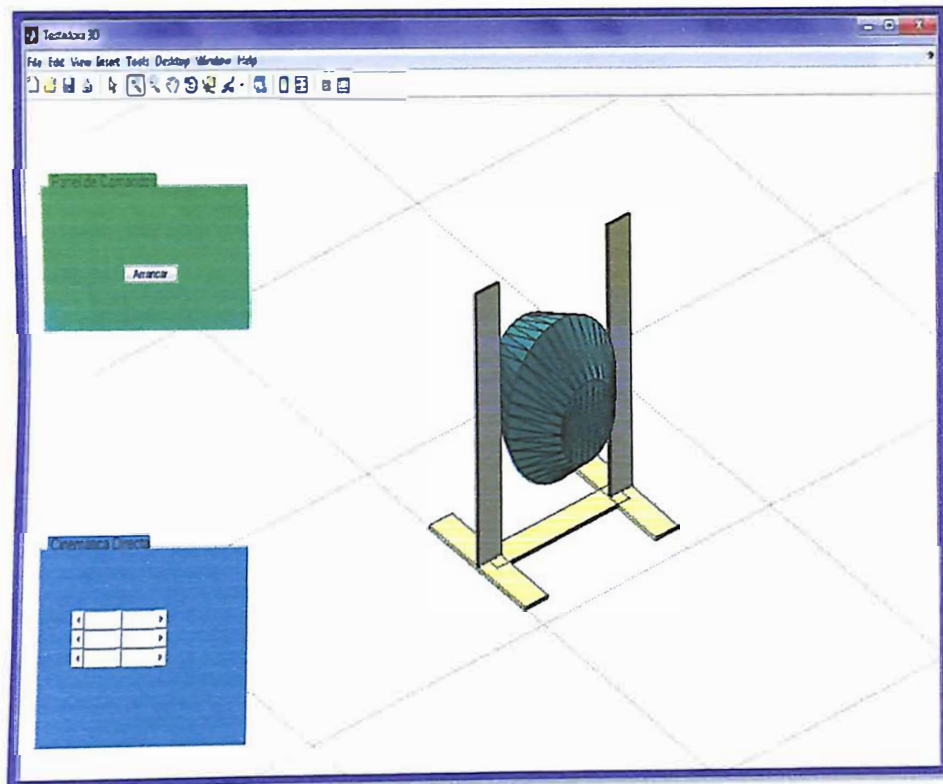
El módulo de carga de datos se llama LoadData y genera las características geométricas de la base y de los eslabones que se almacenan como vértices y caras que pueden ser desplegados con ayuda del comando *patch*. Es preciso notar que cada eslabón se construye según el sistema de coordenadas solidarias que se obtiene en el algoritmo D-H.

El módulo de inicialización InitHome, realiza la construcción de las matrices de transformación homogénea que permiten concretar el algoritmo de Denavit y Hartenberg y de esta manera integrar las piezas del robot. Este módulo define las características visuales de inicio.

El módulo de animación OllaAni, permite de una forma gráfica ensayar con todos los grados de libertad, resolviendo internamente el problema cinemático directo.

En la siguiente figura, se muestra la pantalla de interfaz gráfica del usuario que genera el programa Olla3G.

Figura: 42 Implementación de un robot en Mat Lab con 3 grados de libertad



Fuente : Propia

3.1.9. Características dinámicas

Las principales fuerzas a considerar son las generadas por el peso de la olla y la capacidad de carga del café a ser tostado. La olla tiene un peso aproximado de 12 kilogramos y la cantidad de café que tuesta es de un kilogramo adicional. Es decir, que el motor deberá tener la fuerza suficiente para hacer rotar la olla a una velocidad de 30 a 40 revoluciones por minuto.

3.1.10. Sistema de transmisión

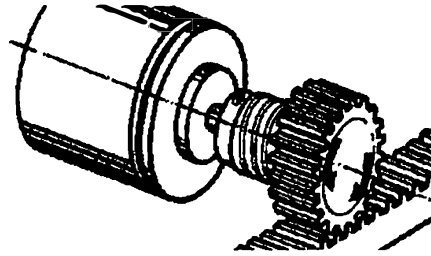
Figura: 43 Maquina de tostar café



Fuente: Propia

El desplazamiento se realiza con tornillos y el volteo con un volante y el giro se realiza con un el accionamiento del motor que tiene un sistema de transmisión tipo piñón cremallera.

Figura: 44 Sistema de transmisión de energía piñón cremallera



Fuente: Propia

Las transmisiones son elementos encargados de transmitir el movimiento desde los actuadores hasta las articulaciones. Se incluirán junto a las transmisiones a los reductores encargados de adaptar el par y la velocidad de la salida del actuador a los valores adecuados para el movimiento del robot.

3.1.11. Tipo de Accionamiento

Los actuadores tienen por misión generar el movimiento de los elementos del robot según las órdenes dadas por la unidad de control. En el presente prototipo se propone el uso de motores eléctricos de corriente alterna. Este tipo de motores no ha tenido aplicación en el campo de la robótica hasta hace unos años, debido a la dificultad del su control. Sin embargo las mejoras que se han introducido en las máquinas hacen que en la actualidad sea la alternativa más utilizada en los robots industriales. El motor de la máquina de tostar café funciona con una energía eléctrica 220 voltios y tiene un motor de 200 a 300 watts. El inductor se sitúa en el rotor y está constituido por imanes permanentes, mientras que el inducido situado en el tostador está formado por los devanados que se alimentan con un sistema monofásico. En los motores

síncronos la velocidad de giro depende únicamente de la frecuencia de la tensión que alimenta el inducido.

Figura: 45 Motor de corriente alterna utilizado para girar la olla del tostador.



Fuente: Propia

Para el empaque se utiliza una selladora de bolsas, funciona a 220 volts. Contiene una perilla de potenciómetro para regular el tiempo de calentamiento de la resistencia según el espesor de la bolsa a sellar. Como por ejemplo grajeas de café con chocolate, frutos, semillas, dulces, etc. los repuestos, son fáciles de adquirirlos los cuales constan de una resistencia y el teflón.

Figura: 46 Maquina selladora



Fuente: Propia

3.1.12. Servicio a proveedor

Una vez diseñada, la construcción de la tostadora se realizó por encargo a un taller de tornería de la ciudad de El Alto. La construcción y diseño de la maquina la realizo el señor Silverio Pacheco, Técnico Industrial que se encuentra ubicado la calle 5 del camino a Viacha (Ex- tranca).

Figura: 47 Lugar del de trabajo de tornero



Fuente: Propia

Esta persona realiza mayormente trabajos de fabricación de mezcladoras de cemento: El material con el que se trabaja es de plancha. El motor se ha obtenido del mercado 16 de julio. Por lo expuesto, se puede notar que el mantenimiento es sencillo, si hubiera problemas de soldadura es fácil hacer mantenimiento, lo mismo que reparar el motor o cambiarlo. El proveedor del termómetro digital fue adquirido de la empresa Radio Shack, la misma tiene varias sucursales en la ciudad de La Paz, por lo que se puede remplazar fácilmente el termómetro si existe alguna falla. El uso de otros esquemas electrónicos como los PLC (Controladores lógicos programables) ha sido descartado, en el presente proyecto, por la dificultad en el acceso y mantenimiento.

3.1.13. Factores económicos

A grandes rasgos, el costo de inversión en la tostadora y el termómetro alcanza la cifra de 1500 Bs. El costo de funcionamiento por kilo de café tostado se compone del consumo de leña, consumo de electricidad, de chocolate y otros, llega a suma de 70 Bs. De un kilo de café se obtendrán 35 bolsas, vendiendo a 5Bs la bolsa se obtiene un ingreso de 125 Bs., es decir que una ganancia bruta de 55 Bs/kilo. Se estima que al día se pueden procesar 2 kilos, lo que implica que al día se puede tener una ganancia bruta de 110 Bs. Si además se toma en cuenta el pago de jornal de 40 Bs. /día, entonces se estima recuperar la inversión de maquinaria en los tres primeros meses de producción.

Es preciso hacer notar que el presente trabajo se encamina a la generación de valor agregado al café producido en la comunidad. En términos figurativos, 700 pepas costaban 9 Bs, ahora 700 pepitas (35 bolsas, 5Bs por bolsa) se venderán a 125 Bs.

3.1.14. Medidas de seguridad

Para disminuir los riesgos accidentes, es preciso tomar algunas medidas de seguridad. En general el tostador es bastante seguro, sin embargo se recomienda manipularlo con cuidado ya que las temperaturas a las que llega a calentarse la olla se acercan a los 200°C que es suficiente para causar quemaduras, por esta razón se recomienda el uso de guantes para manipular la tostadora. Por otro lado, aunque el siquili es una madera poco astillosa, se debe tener precaución al manipular la leña. El motor trabaja con energía alterna de 110, la conexión se hace con dos cables de medida 10 para evitar el calentamiento y se deben tomar las precauciones comunes en la manipulación de aparatos eléctricos. Quizá una de las cosas que más cuidado necesita es el termómetro infrarrojo. Al respecto, se puede recomendar: no mirar directamente

al laser; no apuntar el dispositivo hacia los ojos de ninguna persona. Se debe tomar en cuenta que también hay peligro cuando es reflejada sobre una superficie especular; El termómetro debe estar apagado antes de sustituir las pilas; las pilas deben ser desechadas de manera especial, no se debe quemar ni enterrar. Respecto a la selladora, se deben tomar precauciones respecto a las altas temperaturas del filamento y posibles mordeduras.

IV.MARCO LÓGICO

<u>RESUMEN NARRATIVO</u>	<u>INDICADORES OBJETIVOS VERIFICABLES</u>	<u>MEDIOS DE VERIFICACION</u>	<u>SUPUESTOS IMPORTANTES</u>
Fin del programa: el objetivo más amplio al que contribuye el proyecto Mejorar las condiciones socioeconómicas de la comunidad de Santa "Ana de Pacollo" Nor Yungas	Medidas del logro del Fin 1.Se incrementa el ingreso en 30% por comercialización de café a partir del 2012 2.Otras fases de la transformación automatizadas en base a esfuerzos propios de la comunidad	1. Registros de la comercialización 2. Estadísticas de encuestas de hogares en la comunidad	Relacionadas con Importancia a largo plazo del programa/proyecto 1. Los precios del mercado permanecerán favorables. 2. Se instalará infraestructura de mercadeo satisfactorio.

Propósito del Proyecto	Indicadores del logro del propósito: situación final del proyecto	Encuesta a consumidores	Que afectan el enlace Propósito: Fin
Mejorar en la calidad del tostado del café que es comercializado por la comunidad	El café tostado, comercializado por la comunidad presenta mayor uniformidad respecto a aroma y color.	Encuesta a consumidores	1. La política agrícola será modificada en favor de los cultivos de café 2. Los agricultores tendrán acceso a crédito y asistencia técnica. 3.No hay desperdicio de comercialización y almacenamiento 4. En el mercado aumenta la producción de café y se incrementa la cosecha.
Productos Un prototipo automatizado para la torrefacción del café. Productores capacitados en temas de automatización	Definición de productos necesarios y suficiente para lograr el propósito: -Componentes mecánicos diseñados y contruidos hasta junio del 2011 - Componentes eléctricos diseñados y contruidos hasta septiembre del 2011 -Taller de capacitación hasta octubre del 2011 Integración del prototipo hasta hasta fines del 2011	- Los respectivos capítulos del proyecto de grado revisados y aprobados - Fotos y filmaciones - Lista de participantes del taller	La comunidad construye un sistema de torrefacción de café en base al prototipo

Insumos :actividades y tipos de recursos	Nivel de Esfuerzo/gastos por cada actividad	- Correspondientes capítulos del proyecto de grado. - Diapositivas del taller	Que afectan el enlace Insumos-productos
1. Diseño y construcción del prototipo y mecanismo de tostar: - Dimensionar el tostador - Dimensionar el tostador	1. 2 meses 2. 3 meses 3. 2 meses 4. 1 mes 5. 1 mes		1. Los equipos necesarios se encuentran en el mercado boliviano a precios accesibles.
2. Definir la maquinaria a utilizarse en cada etapa de tostar	6. 1 mes 7. 1 mes		
3. Diseño y construcción del sistema de control de temperatura			
4. Dimensionar las características del micro controlador.			
5. Diseñar y programación de los códigos de control de temperatura			
6. Integración y construcción del prototipo.			
7. Realizar taller de capacitación			

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha logrado diseñar y construir el prototipo automatizado de una tostadora de café que es el elemento central de una célula de fabricación flexible de grageas de café con chocolate. Se ha evidenciado que el uso de la tostadora ha permitido la obtención de un tostado más uniforme, de tal forma que se mantenga una calidad homogénea del producto en cuanto a sabor. Para que el producto esté presentable se ha propuesto el diseño del empaque. Al analizar los factores económicos se puede notar que con un poco de inversión es posible darle un mayor valor agregado a la producción de café de la comunidad de Santa Ana.

5.2. RECOMENDACIONES

Es recomendable pasar del nivel precompetitivo del prototipo, a un nivel competitivo de un producto comercializable. Respecto al sistema de control, es necesario seguir avanzando en la automatización, incluyendo mayores sensores y disminuyendo la presencia de los operarios

VI. BIBLIOGRAFÍA Y WEB GRAFÍA

6.1. Bibliografía

Atomatizacion . Khamis, Alaa. 2003. 2003, Vol. CICC2007. ISBN.

automated factoris appronch reality . Jim Pinto, Fully. s.l. : OLINE. ISBN.

atomatizacion . Khamis, Alaa. 2003. 2003. ISBN.

catro, Alvaro. 1999. fomento al desarrollo urbano y rural coroico. *coroico*. nuñes, 1999, ISBN.

Jack, Hugh. 1993-2001. <http://claymore.engineer.gvsu.edu>. [En línea] 1993-2001. ISBN.

la cadena de cafe en colombia . Salazar, Roldal L. Gonzales F. 2002 abreil diciembre . colombia bogota : s.n., 2002 abreil diciembre . Isbn.

LEONARDA. MINCOMEX.GOV.CO. *MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR*. [En línea] [Citado el: 08 de 01 de 2012.] COLOMBIA. ISBN.

nuevos procesos mecanicos para el beneficio del caffè. vinicio, Rodriguez mayor. 1992- 67. sancarlos de Guatemala : s.n., 1992- 67. ISBN.

Propuesta de automatizaciòn de beneficio seco de café utilizando PLC. López, Luis Adolfo Téllez. 2005. Guatemala : s.n., 2005. ISBN.

programing software (A P S). Asvinced. 1992. 1, 1ª ed. Estados Unidos : Rockware, 1992, Vol. 1. ISBN.

Propuesta de automatizaciòn de beneficio seco de café utilizando PLC. López, Luis Adolfo Téllez. 2005. Guatemala : s.n., 2005. ISBN.

6.2. Web grafia

http://www.cafedeagaete.es/component/option,com_easyfaq/task,c/catid,18/itrmid,37/#faq.
[En línea]

<http://www.coffeebeans.ie/about-coffee-page34051.html>. [web5, 2011]. [En línea] [Citado el: JUEVES de ENERO de 2010 .] ISBN.

<http://www.google.com.bo/imgres?imgurl>.

<http://www.overwrappingmachine.es/products/2/1->. [En línea] [Citado el: MIERCOLES de JULIO de 2010.] ISMB.

2010.]<http://www.cafedeagaete.es/>. Web2. [En línea] 2010. [Citado el: jueves de 03 de 2010.] ISBN.

http://es.wikipedia.org/wiki/Caf%C3%A9#El_caf.C3.A9_como_factor_de_desarrollo_econ.C3.B3mico. [En línea] [Citado el: JUEVES de NOVIEMBRE de 2011.] ISBN.

http://www.cafedeagaete.es/component/option,com_easyfaq/task,c/catid,18/itrmid,37/#faq.
[En línea]

.

ANEXOS

VII. ANEXOS

7.1. ANEXOS DE IMÁGENES

PARTES DE LA PLANTA



MAQUINA MOLEDORA DE CAFÉ QUINDO DE UNA AROVA



PASOS ECOLÓGICOS PARA EL CULTIVO DE CAFÉ

Zona Coroico



7.2. CRONOGRAMA DE PROYECTO

Actividad	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12
Referencial													
Busqueda de información del café													
Robotica													
Automatización													
Control de proceso													
Diseño del prototipo y determinación del producto													
Construcción de la tostadora													
Pruebas de funcionamiento y tostado													
Control de calidad													
Empaquetado													
Presentación													

7.3. ANEXOS PROGRAMA DE MAT LAB

En esta tarea construimos la cinemática directa e inversa de un robot 77

polar. 77

Poner los sliders 78

Poner los edits 79

Escribimos las funciones 80

Crear los vertices y las caras de la base 80

Construimos en la unidades de metros 81

Obtenemos la otra parte de la base 81

Obtenemos la otra parte 5 de la base que está echada 81

Obtenemos la otra parte 2 y 4 de la base que está echada 81

Continuamos con el primer eslabón 82

Continuamos con el segundo eslabón 82

Continuamos con el tercer eslabón 83

function Olla3G

7.4. En esta tarea construimos la cinemática directa e inversa de un robot

7.5. Polar.

Se usará Denavit y Hartenberg Estándar

LoadData% toda línea geometría, la base y la olla

InitHome% pone la olla horizontal

n=200;% la velocidad de animación

% Añadimos paneles

```
K_p = uipanel(fig_1,...  
    'units','pixels',...  
    'Position',[20 45 265 200],...  
    'Title','Cinemática Directa','FontSize',11,'BackgroundColor',[.2 .5 .7]);
```

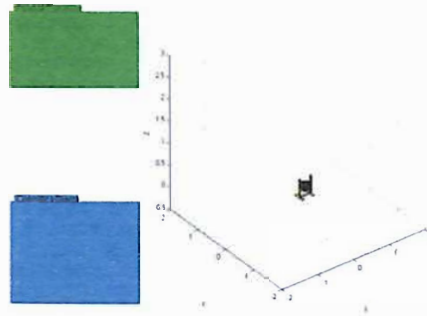
% Panel de Cinemática inversa

```
KI_p = uipanel(fig_1,...  
    'units','pixels',...  
    'Position',[20 40+400 265 150],...  
    'Title','Panel de Comandos','FontSize',11,'BackgroundColor','green');
```

LD = 43; %105; % Left, used to set the GUI.

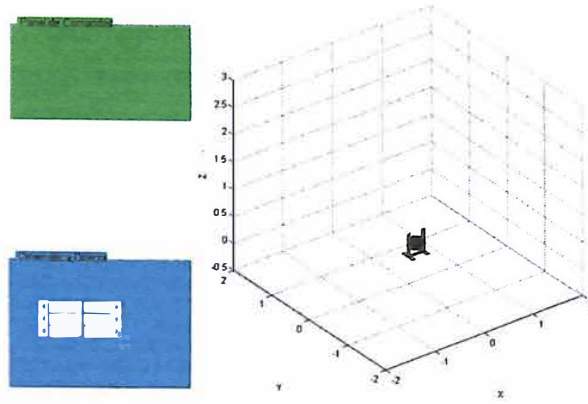
HT = 18; % Height

BT = 80; % Bottom\



7.6. Poner los sliders

```
d1_slider = uicontrol(K_p,'style','slider',...
'Max',.30,'Min',.10,'Value',.20,...
'sliderstep',[.01 0.1],...
'callback',@d1_slider_button_press,...
'Position',[LD BT+30 120 HT]);
q2_slider = uicontrol(K_p,'style','slider',...
'Max',180,'Min',-180,'Value',0,...
'sliderstep',[0.01 0.1],...
'callback',@q2_slider_button_press,...
'Position',[LD BT+30-HT 120 HT]);
q3_slider = uicontrol(K_p,'style','slider',...
'Max',180,'Min',-180,'Value',0,...
'sliderstep',[0.01 0.1],...
'callback',@q3_slider_button_press,...
'Position',[LD BT+30-2*HT 120 HT]);
```



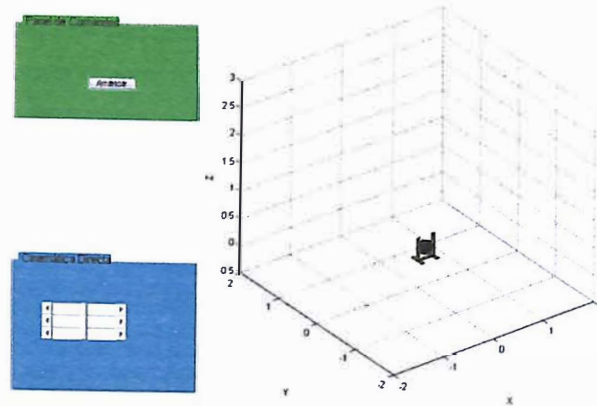
7.7. Poner los edits

```

t1_edit =
uicontrol(KI_p,'style','edit','String',0,'callback',@Ir_button_press,'Position',[LD BT
50 HT]); % L, B, W, H t1_text =
uicontrol(KI_p,'style','text','String','X','BackgroundColor', 'g','Position',[LD+11
BT+HT 20 HT]); % L+11, B+H, W, H t2_edit =
uicontrol(KI_p,'style','edit','String',0,'callback',@Ir_button_press,'Position',[LD+60
BT 50 HT]); % L, B, W, H t2_text =
uicontrol(KI_p,'style','text','String','Y','BackgroundColor', 'g','Position',[LD+60+11
BT+HT 20 HT]); % L+11, B+H, W, H t3_edit =
uicontrol(KI_p,'style','edit','String',0,'callback',@Ir_button_press,'Position',[LD+120
0 BT 50 HT]); % L, B, W, H t3_text =
uicontrol(KI_p,'style','text','String','Z','BackgroundColor', 'g','Position',[LD+120+11
BT+HT 20 HT]); % L+11, B+H, W, H

arranque =
uicontrol(KI_p,'String','Arrancar','callback',@Arrancar_button_press,...
'Position',[LD+60 BT-2*HT 70 HT]);

```



7.8. Escribimos las funciones

```
function LoadData
```

```
% Esta función carga las características geométricas
```

7.9. Crear los vértices y las caras de la base

```
v=[ -.5 .5 1 1;
    -.5 -.5 1 1;
    .5 -.5 1 1;
    .5 .5 1 1;
    -.5 .5 0 1;
    -.5 -.5 0 1;
    .5 -.5 0 1;
    .5 .5 0 1];
```

```
F=[ 1 2 3 4;
    5 6 7 8;
    1 5 8 4;
    2 6 7 3;
    1 5 6 2;
    4 8 7 3];
```

```
% vb(:,1:3) recupero todas las filas pero solo tres columnas
```

7.10. Construimos en la unidad de metros

```
VB1=V;
FB1=F;
% escalamos por ejes x,y,z
VB1(:,3)=VB1(:,3)*0.41;%por z columna 3
VB1(:,1)=VB1(:,1)*0.05;%por x columna 1
VB1(:,2)=VB1(:,2)*0.005;% por y columna 2
```

7.11. Obtenemos la otra parte de la base

Desplazamos por x (T es la transformación homogénea)

```
T=tmrat(0,0,.29,0);%tmrat construye la transformacion homogenea D-H
VB3=(T*VB1')';%se obtienen las coordenadas homogeneas transformadas
```

7.12. Obtenemos la otra parte 5 de la base que está echada

Desplazamos por x (T es la transformación homogénea)

```
T=tmrat(90,0,0,0);
VBW=(T*VB1')';
Troty = [roty(90) [0 0 0]'; 0 0 0 1];
VB5=(Troty*VBW')';
VB5(:,1)=VB5(:,1)*(0.29/0.41);
```

7.13. Obtenemos la otra parte 2 y 4 de la base que está echada

Desplazamos por x (T es la transformación homogénea)

```
T=tmrat(0,0,0,-90);%rotación por x
VBW=(T*VB1')';
% Troty = [roty(90) [0 0 0]'; 0 0 0 1];
% VB5=(Troty*VBW')';
VBW(:,2)=VBW(:,2)*(0.27/0.41);%cambiamos el tamaño
T=transl(0,-0.27/2,0);
```

```

v8w=(T*v8w)';%ejecutamos la traslación por y
v82=v8w;
T=tnat(0,0,.29,0);
v8w=(T*v8w)';%ejecutamos la traslación por x
v84=v8w;

    setappdata(0,'v81',v81);
    setappdata(0,'F81',F81);
    setappdata(0,'v82',v82);
    setappdata(0,'v83',v83);
    setappdata(0,'v84',v84);
    setappdata(0,'v85',v85);

```

7.14. Continuamos con el primer eslabón

7.15. Continuamos con el segundo eslabón

```

r=.03;
[X Y Z]=cylinder(r);
largo=0.025;
Z=Z*largo;
[F21 v2w]=surf2patch(X,Y,Z);
nw=size(v2w,1);
v2w=[v2w ones(nw,1)];% aumentar unos
Trx=tnat(0,0,0,-90);%giramos en x
v2w=(Trx*v2w)';
Tdy=transl(0,.08,0);
v21=(Tdy*v2w)';
Tdy=transl(0,-.1,0);
v22=(Tdy*v2w)';

    setappdata(0,'v21',v21);
    setappdata(0,'F21',F21);
    setappdata(0,'v22',v22);

```

```
setappdata(0,'largo',largo);
```

7.16. Continuamos con el tercer eslabón

```
%      r2a=.3; % Radio del primer cilindro del segundo eslabón
%      r2b=.16;% Radio del segundo cilindro del segundo eslabón
%      l2a=.3;% Altura del primer cilindro del segundo eslabón
%      l2b=.6; % Altura del segundo cilindro del segundo eslabón
loaddata=load('olla.mat');

v=loaddata.v;
F=loaddata.F;

radio=.12;
alto=0.21;

v(:,1:3)=v(:,1:3)/100;%escalamos a centímetros
T=transl(-radio,-radio,0);
vW=(T*v)';
F3=F;
TZ=tmatrix(0,-alto,0,0);
v3=(TZ*vW)';

setappdata(0,'v3',v3);
setappdata(0,'F3',F3);
setappdata(0,'radio',radio);
setappdata(0,'alto',alto);

function r = roty(phi)
    phi = phi*pi/180;
    cp = cos(phi);
    sp = sin(phi);
    r = [cp    0    sp
         0    1    0
        -sp    0    cp];
    % Troty = [rotx(phi) [0 0 0]'; 0 0 0 1];
end%roty

function Tp = transl(x, y, z)
```

```

t = [x; y; z];

Tp = [eye(3)          t;
      0  0  0      1];

end%transl

end % LoadData

function MostrarPiezas

    set(0,'Units','pixels')
    dim = get(0,'ScreenSize');
    fig_P = figure('Position',[0,35,dim(3)-200,dim(4)-110],...
        'Name',' Piezas del Robot Polar',...
        'NumberTitle','off');

    hold on;

    % Recuperemos los datos geométricos
    XB=getappdata(0,'XB');
    YB=getappdata(0,'YB');
    ZB=getappdata(0,'ZB');
    %-----
    X1=getappdata(0,'X1');
    Y1=getappdata(0,'Y1');
    Z1=getappdata(0,'Z1');
    %-----
    X2a=getappdata(0,'X2a');
    Y2a=getappdata(0,'Y2a');
    Z2a=getappdata(0,'Z2a');
    X2b=getappdata(0,'X2b');
    Y2b=getappdata(0,'Y2b');
    Z2b=getappdata(0,'Z2b');
    %-----
    X3=getappdata(0,'X3');
    Y3=getappdata(0,'Y3');
    Z3=getappdata(0,'Z3');
    %-----

```

```

subplot(2,2,1)
surf(XB,YB,ZB);
patch(XB(1,:),YB(1,:),ZB(1,:), 'y');
patch(XB(2,:),YB(2,:),ZB(2,:), 'y');
view(3)
X=[0;1];
Y=[0;0];
Z=[0;0];
line(X,Y,Z, 'color', 'r');
X=[0;0];
Y=[0;1];
Z=[0;0];
line(X,Y,Z, 'color', 'g');
X=[0;0];
Y=[0;0];
Z=[0;1];
line(X,Y,Z, 'color', 'b');
xlabel('x'),ylabel('y'),zlabel('z');
axis([-3 3 -3 3 -3 3])
grid on
subplot(2,2,2)
surf(X1,Y1,Z1);
patch(X1(1,:),Y1(1,:),Z1(1,:), 'r');
patch(X1(2,:),Y1(2,:),Z1(2,:), 'r');
view(3)
X=[0;1];
Y=[0;0];
Z=[0;0];
line(X,Y,Z, 'color', 'r');
X=[0;0];
Y=[0;1];
Z=[0;0];

```

```

line(X,Y,Z,'color','g');
X=[0;0];
Y=[0;0];
Z=[0;1];
line(X,Y,Z,'color','b');
xlabel('X'),ylabel('Y'),zlabel('Z');
axis([-3 3 -3 3 -3 3])
grid on
subplot(2,2,3)
surf(X2a,Y2a,Z2a);
hold on
surf(X2b,Y2b,Z2b);
patch(X2a(1,:),Y2a(1,:),Z2a(1:),'r');
patch(X2a(2,:),Y2a(2,:),Z2a(2:),'r');
patch(X2b(1,:),Y2b(1,:),Z2b(1:),'r');
patch(X2b(2,:),Y2b(2,:),Z2b(2:),'r');
view(3)
X=[0;1];
Y=[0;0];
Z=[0;0];
line(X,Y,Z,'color','r');
X=[0;0];
Y=[0;1];
Z=[0;0];
line(X,Y,Z,'color','g');
X=[0;0];
Y=[0;0];
Z=[0;1];
line(X,Y,Z,'color','b');
xlabel('X'),ylabel('Y'),zlabel('Z');
axis([-3 3 -3 3 -3 3])
grid on

```

```

subplot(2,2,4)
surf(X3,Y3,Z3);
patch(X3(1,:),Y3(1,:),Z3(1,:), 'r');
patch(X3(2,:),Y3(2,:),Z3 (2,:), 'r');
view(3)
X=[0;1];
Y=[0;0];
Z=[0;0];
line(X,Y,Z,'color','r');
X=[0;0];
Y=[0;1];
Z=[0;0];
line(X,Y,Z,'color','g');
X=[0;0];
Y=[0;0];
Z=[0;1];
line(X,Y,Z,'color','b');
xlabel('X'),ylabel('Y'),zlabel('Z');
axis([-3 3 -3 3 -3 3])
grid on
end% MostrarPiezas
function InitHome
    set(0,'Units','pixels')
    dim = get(0,'ScreenSize');
    fig_1 = figure('doublebuffer','on','Position',[0,35,dim(3)-200,dim(4)-
110],...
        'Name',' Tostadora 3D',...
        'NumberTitle','off');
    hold on;
    % Recuperemos los datos geométricos
    %-----
    largo=getappdata(0,'largo');

```

```

        radio=getappdata(0,'radio');
        alto=getappdata(0,'alto');
        %-----
        vB1=getappdata(0,'vB1');
        vB2=getappdata(0,'vB2');
        vB3=getappdata(0,'vB3');
        vB4=getappdata(0,'vB4');
        vB5=getappdata(0,'vB5');
        FB1=getappdata(0,'FB1');
        %-----
        v21=getappdata(0,'v21');
        v22=getappdata(0,'v22');
        F21=getappdata(0,'F21');
        %-----
        v3=getappdata(0,'v3');
        F3=getappdata(0,'F3')
        %-----

        % Coordinadas articulares
        d1ini=.2;
        q2ini=0;
        q3ini=0;
        setappdata(0,'q0ld',[d1ini q2ini q3ini]);
        %-----

        % Transformaciones homogeneas
        T_01=tmrat(-90,d1ini,0,90);
        T_12=tmrat(+90+ q2ini,-largo-radio,0,90);
        T_23=tmrat(q3ini,alto/2,0,0);
        T_02 = T_01*T_12;
        T_03=T_02*T_23;
        %      Link1 = (T_01*v1)';
        Link21 = (T_02*v21)';
        Link22 = (T_02*v22)';

```

```

Link3 = (T_03*v3)';
%dibujamos la base
LB1 = patch('faces', FB1, 'vertices' ,VB1(:,1:3));
LB2 = patch('faces', FB1, 'vertices' ,VB2(:,1:3));
LB3 = patch('faces', FB1, 'vertices' ,VB3(:,1:3));
LB4 = patch('faces', FB1, 'vertices' ,VB4(:,1:3));
LB5 = patch('faces', FB1, 'vertices' ,VB5(:,1:3));
% -----
%      para graficar argollas
%      L21 = patch('faces', F21, 'vertices' ,Link21(:,1:3));
%      L22 = patch('faces', F21, 'vertices' ,Link22(:,1:3));
L3 = patch('faces', F3, 'vertices' ,Link3(:,1:3));
view(3)
light('Position',[5 5 5],'style','infinite')
xlabel('x'),ylabel('y'),zlabel('z');
axis([-2 2 -2 2 -.5 3])
grid
daspect([1 1 1])
set(LB1, 'facec', 'y');
set(LB2, 'facec', 'y');
set(LB3, 'facec', 'y');
set(LB4, 'facec', 'y');
set(LB5, 'facec', 'y');
%Las argollas
%      set(L21, 'facec', [0.717,0.116,0.123]);
%      set(L22, 'facec', [0.216,1,.583]);
set(L3, 'facec', [0.216,1,.583]);
setappdata(0,'LB1',LB1);
setappdata(0,'LB2',LB2);
setappdata(0,'LB3',LB3);
setappdata(0,'LB4',LB4);
setappdata(0,'LB5',LB5);

```

```

%Las argollas
%      setappdata(0,'L21',L21);
%      setappdata(0,'L22',L22);
%      setappdata(0,'L3',L3);
end% InitHome

function T = tmat(theta,d,a,alpha)

% tmat(alpha, a, d, theta) (T-Matrix used in Robotics)
% The homogeneous transformation called the "T-MATRIX"
% as used in the Kinematic Equations for robotic type
% systems (or equivalent).
%
% This is equation 3.6 in Craig's "Introduction to Robotics."
% alpha, a, d, theta are the Denavit-Hartenberg parameters.
%
% (NOTE: ALL ANGLES MUST BE IN DEGREES.)
%
alpha = alpha*pi/180;    %Note: alpha is in radians.
theta = theta*pi/180;    %Note: theta is in radians.

ct = cos(theta);
st = sin(theta);
ca = cos(alpha);
sa = sin(alpha);

%T = [c -s 0 a; s*ca c*ca -sa -sa*d; s*sa c*sa ca ca*d; 0 0 0 1];
T = [ct -ca*st sa*st a*ct; st ca*ct -sa*ct a*st; 0 sa ca d; 0 0 0 1];

end%tmat

function del_app(varargin)

rmappdata(0,'l1');
rmappdata(0,'r2a');
rmappdata(0,'l2b');
%-----
rmappdata(0,'XB');
rmappdata(0,'YB');

```

```

rmappdata(0,'zB');
%-----
rmappdata(0,'x1');
rmappdata(0,'y1');
rmappdata(0,'z1');
%-----
rmappdata(0,'x2a');
rmappdata(0,'y2a');
rmappdata(0,'z2a');
rmappdata(0,'x2b');
rmappdata(0,'y2b');
rmappdata(0,'z2b');
%-----
rmappdata(0,'x3');
rmappdata(0,'y3');
rmappdata(0,'z3');
delete(fig_1);
end%del app
function ollaAni(d1fin,q2fin,q3fin,n)
    q0ld=getappdata(0,'q0ld');
    d1ini=q0ld(1);
    q2ini=q0ld(2);
    q3ini=q0ld(3);
    %-----
    %-----
    largo=getappdata(0,'largo');
    radio=getappdata(0,'radio');
    alto=getappdata(0,'alto');
    %-----
    VB1=getappdata(0,'VB1');
    VB2=getappdata(0,'VB2');
    VB3=getappdata(0,'VB3');

```

```

VB4=getappdata(0,'VB4');
VB5=getappdata(0,'VB5');
FB1=getappdata(0,'FB1');
%-----
V21=getappdata(0,'V21');
V22=getappdata(0,'V22');
F21=getappdata(0,'F21');
%-----
V3=getappdata(0,'V3');
F3=getappdata(0,'F3');
% recuperar los plots
LB1=getappdata(0,'LB1');
LB2=getappdata(0,'LB2');
LB3=getappdata(0,'LB3');
LB4=getappdata(0,'LB4');
LB5=getappdata(0,'LB5');
L21=getappdata(0,'L21');
L22=getappdata(0,'L22');
L3=getappdata(0,'L3');
% d1fin=7/6;
% d2fin=5/6;
% d3fin=1-1/3;
II=linspace(d1ini,d1fin,n);
T_01=tmatrix(-90,d1ini,0,90);
T_12=tmatrix(+90+ q2ini,-largo-radio,0,90);
T_23=tmatrix(q3ini,alto/2,0,0);
for ii=II,
    T_01=tmatrix(-90,ii,0,90);
    T_02 = T_01*T_12;
    T_03=T_02*T_23;
%     Link1 = (T_01*v1)';
%     Link2a = (T_02*v2a)';

```

```

%      Link2b = (T_02*v2b)';
      Link3 = (T_03*v3)';
%      set(L1, 'Vertices', Link1(:,1:3));
%      set(L2a, 'Vertices', Link2a(:,1:3));
%      set(L2b, 'Vertices', Link2b(:,1:3));
      set(L3, 'Vertices', Link3(:,1:3));
      drawnow
    end
    % por el segundo eje
    JJ=linspace(q2ini,q2fin,n);
    for jj=JJ,
      T_12=tmatrix(+90+ jj,-largo-radio,0,90);
      T_02 = T_01*T_12;
      T_03=T_02*T_23;
%      Link2a = (T_02*v2a)';
%      Link2b = (T_02*v2b)';
      Link3 = (T_03*v3)';
%      set(L2a, 'Vertices', Link2a(:,1:3));
%      set(L2b, 'Vertices', Link2b(:,1:3));
      set(L3, 'Vertices', Link3(:,1:3));
      drawnow
    end
    KK=linspace(q3ini,q3fin,n);
    for kk=KK,
      T_23=tmatrix(kk,alto/2,0,0);
      T_03=T_02*T_23;
      Link3 = (T_03*v3)';
      set(L3, 'Vertices', Link3(:,1:3));
      drawnow
    end
    setappdata(0,'q01d',[d1fin q2fin q3fin]);
end%PolarAni

```

```

function d1_slider_button_press(h,dummy)

    qold=getappdata(0,'qold');
    q2fin=qold(2);q3fin=qold(3);
    d1fin = get(h,'Value'); % rescatamos que valor tiene el slider
    ollaAni(d1fin,q2fin,q3fin,n/10)%llamamos a la animación
    setappdata(0,'qold',[d1fin q2fin q3fin]);
end %q1_slider_button_press

function q2_slider_button_press(h,dummy)

    qold=getappdata(0,'qold');
    d1fin=qold(1);q3fin=qold(3);
    q2fin = get(h,'Value'); % rescatamos que valor tiene el slider
    ollaAni(d1fin,q2fin,q3fin,n/10)
    setappdata(0,'qold',[d1fin q2fin q3fin]);
    %-----

end %q2_slider_button_press

function q3_slider_button_press(h,dummy)

    qold=getappdata(0,'qold');
    d1fin=qold(1);q2fin=qold(2);
    q3fin = get(h,'Value'); % rescatamos que valor tiene el slider
    ollaAni(d1fin,q2fin,q3fin,n/10)
    setappdata(0,'qold',[d1fin q2fin q3fin]);
    %-----

end %d3_slider_button_press

function Arrancar_button_press(h,dummy)

    qold=getappdata(0,'qold');
    d1fin=qold(1);q2fin=qold(2);
    q3fin = qold(3)+360*10; % rescatamos que valor tiene el slider
    ollaAni(d1fin,q2fin,q3fin,2*n)
    setappdata(0,'qold',[d1fin q2fin q3fin]);

%       setappdata(0,'qold',[q1fin q2fin d3fin]);

end

end %Polar3G

```

VIII. GLOSARIO

Automatización	Es construir sistemas que interactúen con o son controladores por computadoras y que pueden operar independientemente sin intervención humana
Automatizar	Preparar una maquina o grupo de ellas para que una vez programado cierto trabajo por el hombre, realice a través de la aplicación de dispositivos electrónicos dicho trabajo sin tener necesidad de intervención humana.
Beneficio del café	Son instalaciones que poseen maquinaria y equipo necesario para el procesamiento del café
Beneficio húmedo	Instalaciones con maquinaria agrícola que transforman el café cereza a café pergamino.
Beneficio seco	Instalación con maquinaria agrícola que transforma el café pergamino en café oro.
Bobina	Elemento electrónico senoidal que representa una salida en el PLC
Broca	Enfermedad de la planta de café que contrae a través de un insecto, que se introduce al grano de café y lo consume por dentro, dejándolo inservible para el consumo humano. Plaga del café, insecto que ataca el fruto del café
Cafetal	Sitio poblado de cafetaleros.

Café pergamino	Gramo de café totalmente despulpado y limpio que se ha pasado por un proceso de beneficiado.
Ch`ajmeo	Cosecha sanitaria o cosecha total de los frutos de café.
Des chume	Desmalezado del cafetal los chumes
Humeo	Acción de humear el cafetal para combatir plagas
K'olo	Fruto no cosechado y seco
Siquili	Es un árbol de rápida combustión que se utiliza para el tostado de café