



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LECHE BOVINA

Juan José Bolaños Hernández

Asesorado por Ing. Máximo Fidel Letona Estrada

Guatemala, noviembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE
LECHE BOVINA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

JUAN JOSÉ BOLAÑOS HERNÁNDEZ
ASESORADO POR EL ING. MÁXIMO FIDEL LETONA ESTRADA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderon
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Maria Eugenia Aguilar Bobadilla
EXAMINADOR	Ing. Walter Avila Echeverria
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LECHE
BOVINA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial con fecha de abril de 2006.



Juan José Bolaños Hernández

Guatemala, 11 de septiembre de 2007

Ingeniero José Francisco Gómez Rivera
Director de la Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Su despacho

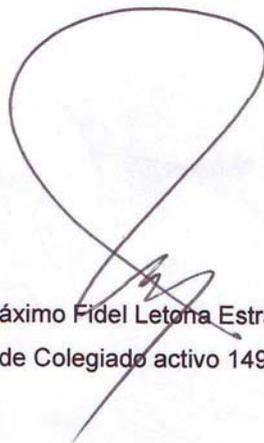
Sr. Director:

Me da mucho gusto saludarlo y desearle éxitos en la gestión a su digno cargo al frente de la escuela.

Fui propuesto para asesorar el trabajo de graduación del estudiante de Ingeniería Industrial Juan José Bolaños Hernández titulada: INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LECHE BOVINA, tema que le fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial con fecha de abril de 2006.

Considero que se han cumplido los objetivos propuestos al inicio del trabajo, por lo que recomiendo se apruebe este trabajo de graduación en el entendido que el autor y el suscrito son los responsables de lo tratado y de las conclusiones y recomendaciones del mismo.

Atentamente,



Ing. Máximo Fidel Letona Estrada
Nº de Colegiado activo 149

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LECHE BOVINA**, presentado por el estudiante universitario **Juan José Bolaños Hernández**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Lic. David Solares Cabrera
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2007

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LECHE BOVINA**, presentado por el estudiante universitario **Juan José Bolaños Hernández**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2007.



/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.458.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LECHE BOVINA**, presentado por el estudiante universitario **Juan José Bolaños Hernández**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2007.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Todo poderoso por darme la vida, el entendimiento, la sabiduría y haberme permitido vivir hasta el día de hoy

MIS PADRES

Santos Bolaños Reyes y Seferina Hernández Ramírez por tanto año se sacrificio y esfuerzo, para mi desarrollo

MIS HERMANAS

Miriam, Yohana y Patricia por ser motivo de inspiración en este triunfo.

MI ESPOSA

por más de 9 años de estar compartiendo conmigo y ser un pilar en mi vida

MIS HIJOS

Melany, Juan Jose y el que viene, por ser mi motivo de lucha constante y el gran deseo para seguir viviendo

MI ASESOR

Máximo Fidel Letona Estrada por la paciencia que me tuvo durante todo este tiempo

INGENIERO

Luis Domingo Abadia Bolaños por darme la oportunidad de prácticas y el apoyo para mi trabajo de graduación en UNIAUTO

**TODAS AQUELLAS
PERSONAS**

Que en mis momentos de lucha me dieron una mano y no me dejaron caer

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1 Antecedentes de la producción lechera en Guatemala	1
1.2 Métodos de producción de leche en Guatemala	1
1.3 Problemas más frecuentes del proceso de ordeño en planta	3
1.4 Comparación del ordeño manual con el ordeño automatizado	4
2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO ACTUAL	
2.1 Métodos de producción en productos lácteos San Agustín	5
2.2 Determinación del tiempo estándar por vaca ordeñada manualmente	6
2.3 Determinación de la producción diaria promedio por vaca	8
2.4 Medición de la eficiencia general de la planta con el sistema actual	11
2.5 Diagramación del proceso actual	14
3. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMÁTICO	
3.1 Información general sobre el nuevo diseño	17
3.1.1 Estructura del establo	17

3.1.2 Instalaciones operativas	18
3.2 Aplicación de un sistema de control de calidad para el sistema automático	22
3.2.1 Definición de calidad	22
3.2.2 Calidad total	22
3.2.2.1 Objetivos de la calidad total	23
3.2.2.2 Principios básicos para el logro de la calidad total	23
3.3 Manual del fabricante	25
3.4 Diseño de control estadístico para el proceso	26
3.4.1 Control estadístico de la calidad	26
3.4.1.1 Gráficos de control	27
3.4.1.2 Cómo utilizar los gráficos de control	28
4. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMÁTICO	
4.1 Distribución del equipo en planta	33
4.2 Instalación del equipo mecánico en planta	35
4.2.1 Instalación de la bomba de vacío	36
4.2.2 Instalación del tanque de distribución	37
4.2.3 Instalación de las líneas de vacío de leche	38
4.2.4 Instalación de líneas de vacío de pulsadores	38
4.2.4.1 Manómetro	38
4.2.5 Regulador	39
4.2.6 Los pulsadores	39
4.2.7 Recipiente o tanque de recepción de leche	40
4.2.7.1 Trampa sanitaria	40
4.2.8 Unidades de ordeño	40
4.3 Montaje del equipo en planta	40
4.3.1 Montaje de la bomba de vacío	41
4.3.2 Montaje del tanque de distribución	42
4.3.3 Montaje de líneas de vacío de leche	42
4.3.4 Montaje de líneas de vacío de pulsadores	43

4.3.5 Montaje del recipiente o tanque de recepción de leche	43
4.4 Diseño de un programa de control para el equipo	44
4.5 Diseño de un programa preventivo para el equipo	45
4.6 Diseño de gráficos de medias y rangos para el sistema de producción	46
4.7 Plan de contingencias si el ordeño llegara a fallar	54
4.7.1 Identificación de riesgos del proceso	53
4.7.2 Evaluación de riesgos	55
5. PROGRAMA DE SEGURIDA E HIGIENE INDUSTRIAL PARA EL ORDEÑO	
5.1 Normas generales de seguridad dentro del área de ordeño	57
5.1.1 Señalización del establo	58
5.2 Normas generales de higiene dentro del área de ordeño	61
5.2.1 Tareas posteriores al ordeño	62
5.2.2 Manejo del establo	62
5.2.3 Elementos accesorios e instrumental	63
5.2.4 Tareas de profilaxis	64
5.2.5 Documentación sanitaria e higiénico sanitaria	64
5.3 Señalización de rutas de evacuación y áreas críticas de ordeño	66
5.3.1 Áreas críticas del establo	67
5.4 Normas higiénicas específicas para realizar el ordeño	68
6. RESULTADOS DEL PROYECTO	
6.1 Tiempo estándar de ordeño con el nuevo sistema	71
6.2 Medición de aumento en la producción de leche por vaca promedio	73
6.3 Medición de la eficiencia general del nuevo sistema	74
6.4 Medición de la calidad de la leche con el nuevo sistema	76

6.4.1 Registro de temperatura del tanque de almacenamiento de leche	77
6.4.2 Registro de sanitización	77
6.4.3 Registro de medicamentos químicos	79
6.4.4 Registro de evaluación de mastitis en el hato y prevención de residuos	79
6.5 Diagramación del nuevo proceso	80
6.6 Ventajas obtenidas en la planta con el nuevo sistema	83
6.7 Seguimiento de la implementación a través de (formularios de producción diaria por unidad productora y fichas de control de tiempo diario de ordeño	85
6.7.1 Formulario de producción diaria	85
6.7.2 Ficha de control de tiempo de ordeño diario	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	93
APÉNDICE	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

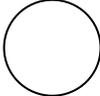
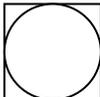
1.	Diagrama de operaciones para el proceso de ordeño actual	14
2.	Resumen del diagrama de operaciones para el proceso de ordeño manual	15
3.	Diseño del nuevo establo de ordeño para sistema automático	33
4.	Diagrama de componentes de la maquina de vacío	40
5.	Gráfico del promedio de producción diaria	50
6.	Gráfico de rangos de producción de leche diaria	51
7.	Señales utilizadas dentro del área de ordeño	59
8.	Diagrama de operaciones para el proceso de ordeño automático	81
9.	Resumen de operaciones para el proceso de ordeño automático	82
10.	Formulario de producción diaria	85
11.	Ficha de control del tiempo de ordeño	86
12.	Registro de temperaturas del tanque de almacenamiento de leche	95
13.	Registro de sanitización	96
14.	Registro de medicamentos y químicos	97
15.	Registro de evaluación de mastitis en el hato y prevención de residuos	98
16.	Factores para gráficos de control	99
17.	Sala de ordeño industrial tipo rotativo	100
18.	Sala de ordeño industrializada de gran producción	100
19.	Bomba de vacío para 20 vacas, promedio	101
20.	Equipos de ordeño pequeña producción	101
21.	Equipo omega modelo utilizado para el proyecto	102

22. Sala de ordeño tipo pescado	103
23. Sala de ordeño similar a la del proyecto	103

TABLAS

I.	Tiempo de ordeño promedio por vaca	6
II.	Tabla de producción diaria por vaca	8
III.	Sumatorias de tiempo de ordeño manual	10
IV.	Colores recomendados para las diferentes tuberías de líquidos	15
V.	Producción diaria por vaca durante 5 días, cálculo de promedios y rangos	43
VI.	Tabla de colores utilizados para la señalización	55
VII.	Tiempo de ordeño promedio por vaca	68
VIII.	Sumatoria de tiempos de ordeño automático	72

LISTA DE SÍMBOLOS

Σ	Sumatoria
T.O.M	Tiempo de ordeño en la mañana
T.O.T	Tiempo de ordeño en la tarde
L	Litros
min	Minutos
Σ TE	Sumatoria del tiempo estándar
Σ TE _p	Sumatoria del tiempo estándar promedio
E	Eficiencia
	Operación
	Inspección
	Combinación de operación e inspección
UE	Unión Europea
LCC	Límite central de control
LSC	Límite superior de control
LIC	Límite inferior de control
CEC	Control estadístico de la calidad
HP	Caballos de potencia
cm	Centímetros
°C	Grados <i>Celsius</i>
m	Metro
\bar{X}	Medias

$\bar{\bar{X}}$	Media de medias
R	Rango
\bar{R}	Rango de rangos
n	Tamaño de la muestra
pH	Grados de acides o alcalinidad
ppm	Partes por millón

GLOSARIO

Aforado	Es un recipiente en forma de pera, fondo plano y un cuello largo y delgado.
Aleatorio	Es algo que ha sido escogido al azar, que no sigue un patrón, secuencia u orden determinado.
Calidad	Es la totalidad de detalles y características de un producto o servicio, que influye en su habilidad para satisfacer necesidades dadas.
Cofia	Es una estructura en forma de cono que protege la nariz.
Contingencia	Es algo inesperado que puede suceder y para lo cual hay que estar preparado.
control	Son los mecanismos usados para garantizar que conductas y desempeño cumplan con las reglas y los procedimientos de una organización.
Croquis	Es un diagrama detallado, elaborado para mostrar ubicaciones y vías.
Eficiencia	Es la capacidad para lograr un fin, empleando los mejores recursos posibles.

Enteritis	Inflamación de la membrana mucosa de los intestinos; puede ser originada por bacterias, venenos químicos o vegetales, o por alimentos mohosos estropeados que contengan hongos perjudiciales.
Inspección	Es el proceso de verificación del cumplimiento de las especificaciones establecidas con anterioridad.
Manómetro	Instrumento que es utilizado para medir presión.
Muestra	Es el segmento de la población seleccionada para realizar una investigación y que representa a la población en general.
Ordeño	Proceso mediante el cual la leche se extrae de la ubre de la vaca.
Parámetro	Es una característica de una población contra la cual se compara otra.
Polipropileno	El polipropileno es un polímero versátil que está a nuestro alrededor. Cumple una doble tarea, como plástico y como fibra. Como plástico se utiliza para hacer cosas como envases para alimentos capaces de ser lavados en un lavaplatos. Funde por debajo de 160°C.
Predictivo	Es la característica que tiene un proceso de poder predecir las fallas que un equipo pueda tener.
Proceso	Es el conjunto de fases sucesivas con un fin planificado.

Profilaxis	Son medidas que se toman para evitar enfermedades y su propagación.
Sanitizar	Proceso para reducir a niveles seguros la cantidad de microorganismos sobre una superficie limpia.
Vacío	Espacio que no contiene aire ni otra materia detectable por medios físicos o químicos.

RESUMEN

La presente investigación contiene las generalidades de la forma en que se produce leche normalmente a nivel nacional. Se describe cuales son los problemas más comunes que afrontan los pequeños productores.

Los procesos manuales de ordeño son tardíos y costosos, pero sobre todo contaminantes para el ganado, en los hatos lecheros actualmente no se toman en consideración las condiciones higiénicas y de seguridad.

La diagramación de la producción así como el control por medio de gráficos hacen que los procesos se optimicen de gran forma.

El control estadístico de los procesos está basado en observaciones, a partir de las cuales se puede calcular una función que describa cómo ocurren los hechos. Actualmente son herramientas eficaces para mejorar el proceso de producción y reducir sus defectos.

De la buena distribución del equipo y el adecuado montaje depende el éxito del proyecto, el equipo de ordeño es la base de la industrialización del proceso de extracción de leche, debe adecuarse al tamaño y tipo de organización que se maneje en el establo de ordeño y si ésta no existe se debe rediseñar para que todo sea adaptado en conjunto.

Otro de los grandes problemas que afectan la producción de la pequeña empresa lechera son las enfermedades que sufren las vacas de ordeño, la mastitis como enfermedad puede llegar a secar la ubre completa de una vaca, si no es tratada a tiempo.

En este proyecto se han diseñado hojas de control que permiten monitorear: temperaturas del tanque de almacenamiento, producción diaria, tiempo de ordeño, controles higiénicos y controles de tratamientos químicos, todos estos con el fin de tener datos estadísticos para el análisis de posibles enfermedades.

También diseñó un programa completo de seguridad e higiene industrial, todo ello con el fin de evitar cualquier accidente o enfermedad laboral.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar un sistema de ordeño automático para una empresa productora de leche.

ESPECÍFICOS

1. Identificar cuales son las necesidades básicas de una planta de producción de lácteos para mejorar su proceso de producción.
2. Diseñar un programa de capacitación para todo el personal involucrado en la extracción de la leche en la planta.
3. Diseñar el sistema de instalación de equipos mecánicos para el proceso de mecanización del ordeño.
4. Diseñar un programa de control de calidad para el nuevo proceso de producción de leche.
5. Implementar un programa de higiene industrial para el nuevo proceso de ordeño.
6. Determinar que la aplicación de la ingeniería industrial puede mejorar cualquier sistema de producción sin importar su tamaño.
7. Demostrar cómo aumenta la eficiencia de una planta cuando se aplican los sistemas de control industrial y la mecanización de los procesos.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala la ganadería lechera no se ha explotado de forma correcta, son pocas las empresas que han logrado un desarrollo notable en cuanto a tecnificación, pero estas son empresas grandes que tienen elevados precios y que buscan mercados masivos y están dejando sin oportunidad a pequeños productores a nivel nacional.

En la mayoría de los municipios del país existen pequeños y medianos productores que no logran un progreso continuo, esto se debe a que sus costos de operación son muy altos, el tiempo de ordeño se ha convertido en el mayor enemigo del productor de leche, y la extracción de leche es una de las tareas más lentas y cansada del proceso de producción de lácteos.

Por otro lado las enfermedades contagiosas, provocadas por contaminación de la mano del hombre, hacen que cada día muchos pequeños productores desaparezcan.

Esta investigación trata de hacer ver al productor artesanal de leche, que existen mejores métodos de producción y que con poca inversión, pero mucho empeño se pueden lograr cambios significativos en la producción y en la calidad, sin dejar por un lado el factor seguridad en el área de ordeño ni tampoco lo que es un ordenamiento total de la forma de producción.

En el capítulo uno se describe como se da la producción de leche en Guatemala, cuales son los métodos más utilizados, se muestra con que problemas luchan los pequeños artesanos de los lácteos actualmente, y hace un análisis comparativo a grandes rasgos de las ventajas del ordeño manual y el automático.

En el capítulo 2 se hace un análisis del proceso actual basado en un estudio de campo realizado con uno de los proveedores de la empresa Chivolac S.A. ubicada en Buena Vista, San Pedro Sacatepequez, Guatemala, aquí se describen los métodos actuales de producción, se toman tiempos y se determinan los datos necesarios para el diagrama de producción actual.

En el capítulo 3 se hace la propuesta para un nuevo proceso basado en el ordeño automático o industrial, tomando en consideración que se deben aplicar controles de calidad. Se explican las generalidades del nuevo diseño y se dan los lineamientos básicos de las generalidades de operación de los equipos, basados en los manuales de fabricantes de equipos de ordeño.

En el capítulo 4 se describe la implantación del nuevo sistema de ordeño, realizando una distribución del equipo en planta, describiendo la instalación, los pasos básicos para el montaje, se diseñan los pasos básicos de control, se menciona el mantenimiento preventivo, se realiza una graficación del proceso de ordeño y se hace un análisis con el fin de establecer las medidas a tomar si el proceso llegara a fallar.

En el capítulo 5 se trata de dar a conocer como la seguridad y la higiene industrial se pueden aplicar a procesos de ordeño y las medidas higiénicas nos pueden ayudar a mejorar el ordeño; también se describe de qué forma se puede señalizar el área total del establo y se establecen normas básicas para la extracción, basados en estándares internacionales.

En el capítulo 6 se describen los resultados del proyecto, el aumento de la leche, la reducción del tiempo de ordeño y se muestra cómo, a través de hojas de control se puede medir la calidad de la leche y lograr que ésta sea de óptima calidad. También se diagrama el proceso nuevo y se dan a conocer las ventajas del proceso de extracción automático.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Antecedentes de la producción lechera en Guatemala.

Es muy conocido que en Guatemala no existían vacas antes de la colonia, las vacas fueron traídas por los españoles junto con caballos, asnos, mulos, cabras, cerdos y ovejas.

Los datos más claros que se tienen sobre el ganado vacuno es que fueron ingresados a Guatemala cuando, a fines del siglo XVI, el señor Héctor de Labarrea importó desde Cuba 30 vacas.

Desde allí el inicio del ganado en Guatemala, pero a sido hasta tiempos más recientes que la tecnificación y ciencia han logrado genéticamente mejorar la calidad del ganado lechero en otros países, de donde se han importado vacas lecheras cómo lo son las Jersey, que son excelentes productoras de leche.

1.2 Métodos de producción de leche en Guatemala

La extracción de leche es un proceso muy delicado ya que la contaminación es uno de los factores que todo buen productor de leche debe evitar, en la mayoría de pequeñas y medianas empresas productoras de leche el ordeño se hace de forma manual, llevando el proceso únicamente 4 pasos.

- Enrejado de cada vaca a ordeñar.
- Lavado de la ubre de cada vaca.
- Secado de la ubre.
- Ordeño.

Si se tiene mucho cuidado con estos pasos se logra un ordeño de calidad higiénica aceptable, pero si se consideran costos y también se considera que el proceso no sea manejado adecuadamente puede resultar en pérdidas de producto y en costos demasiado altos.

Actualmente las empresas quieren mejorar la calidad higiénica de la leche y reducir los costos ya que los insumos para alimentar al ganado han aumentando enormemente de precio, se tiene estimado desarrollar una industrialización del ordeño a través del ordeño automatizado.

Actualmente la producción diaria de una pequeña granja lechera es de 300 litros, realizando un ordeño manual y se tiene estimado que con el ordeño automático la producción asciende a un rango de 350 a 400 litros diarios y además se estima que la calidad higiénica aumente en un rango de 80 a 90 por ciento.

El tiempo de ordeño es otro de los factores a tomar en consideración ya que esto repercute en cuanto a costos de operación. Si se compara el ordeño manual con el ordeño automático se logra ver que existe una gran diferencia, sin hacer mediciones se estima que es casi del cincuenta por ciento.

También hay que mencionar que dentro de las empresas lecheras actualmente no se tienen normas de seguridad ni mucho menos higiénicas, es importante recalcar que hace falta una señalización de las áreas y una buena remodelación de las rutas de salida y evacuación.

Por otra parte dentro de las empresas aunque se ha tratado de mantener la calidad y de ser lo más cuidadosos posibles el proceso está demasiado descontrolado ya que no se tienen registros adecuados de la producción ni se mantiene un control exacto del proceso.

1.3 Problemas más frecuentes del proceso de ordeño en planta

Cuando de producción Láctea se habla son demasiados los problemas que podemos mencionar pero específicamente en Guatemala los más comunes que ha enfrentado la pequeña y mediana empresa son:

- Pérdidas económicas debido a contaminación de leche.
- Altos costos por ordeño manual.
- Oportunidades de desarrollo pérdidas debido a faltas de higiene.
- Accidentes debido a que no se posee un programa de seguridad.

La contaminación del producto en el ordeño es algo extremadamente riesgoso y continuamente sucede. Cuando se está realizando el proceso de ordeño los animales que están siendo manipulados tienden a ponerse nerviosos, lo cual provoca que hagan movimientos bruscos y puedan contaminar el recipiente de ordeño; también cuando se esta ordeñando hay que tener cuidado que no defequen ya que pueden salpicar y contaminar el producto del ordeño.

El ordeño manual es un proceso fatigado y tardío, todos los productores de leche saben que la mayor parte de su tiempo y una cantidad significativa de sus ingresos la invierten en el ordeño manual, sin dejar de tomar en cuenta que sus empleados se quejan continuamente de lo cansado y costoso que es ordeñar.

Muchos de los pequeños productores de leche en Guatemala siguen perdiendo oportunidades de desarrollo debido a la falta de higiene que en su proceso se da, para poder maximizar la ganancia de un ato lechero es indispensable producir en volumen, ya que el precio de la leche sigue siendo aun desvalorado.

La mayoría de empresas en Guatemala con potencial de compra de leche exigen ciertos requisitos de calidad higiénica y estos solo se pueden lograr por medio del ordeño automático.

Otro caso lamentable son los accidentes que continuamente se dan en las áreas de ordeño, las vacas golpean al personal de ordeño, el personal de ordeño sufre lesiones en manos y brazos y algunas veces el mismo ganado se golpea por que es obligado a pasar por áreas de riesgo.

1.4 Comparación del ordeño manual con el ordeño automatizado

El ordeño manual es más caro que el ordeño automático aunque el costo inicial del equipo automático sea alto, para una pequeña empresa lechera de 50 vacas, para ordeñar en promedio de 2 horas se necesita de 10 personas aproximadamente, mientras que con una ordeñadora automática de 16 succionadores se puede realizar en menos tiempo y solo con 2 personas, todo esto representa un ahorro y también representa aumento en cuanto a producción y calidad higiénica de la leche.

También el ordeño manual es menos higiénico que el automático, el ordeño automático es muy limpio ya que la leche es transportada por tuberías totalmente selladas y en ningún momento la leche entra en contacto con el medio ambiente o con la mano del hombre. Se puede decir que pasa del interior de la ubre de la vaca directamente hacia el interior del recipiente de almacenaje aunque tenga pasos intermedios.

2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO ACTUAL

2.1 Métodos de producción en productos lácteos San Agustín

El ordeño manual sigue siendo una de las características básicas de San Agustín, proceso por el cual muchas empresas desarrolladas hoy en día ya han pasado, el ordeño manual sigue siendo hoy, en nuestro país uno de los métodos más utilizados, lo cual demuestra que seguimos siendo artesanos y que no hemos dado el paso hacia la industrialización.

En productos lácteos San Agustín actualmente se producen entre 800 Y 1,000.00 litros de leche diarios, producción que para empresas grandes parecería insignificante pero tomando en consideración los costos y la cantidad de mano de obra que se invierte en esta planta superarían las ganancias de cualquier gran empresa.

En productos lácteos San Agustín se tienen implementados dos ordeños uno a las 6:00 AM y otro a las 5:00 PM, diariamente se ordeñan 50 vacas, estas vacas son ordeñadas por 12 personas quienes al final de la tarea resultan muy cansadas por el esfuerzo que el ordeño manual significa.

La producción de la pequeña empresa es buena actualmente se distribuyen productos lácteos en San Pedro Sacatepequez, demanda que está parcialmente cubierta, la aceptación de los consumidores es excelente debido a los altos índices de calidad que se tratan de mejorar. Pero cada día los costos están en ascenso debido al ordeño, al aumento continuo en concentrados y lo elevado que resulta transportar el alimento para el ganado lechero.

2.2 Determinación del tiempo estándar por vaca ordeñada manualmente

Se ha logrado medir el tiempo de ordeño por vaca promedio en San Agustín y se han tabulado los 20 tiempos más significativos en el ordeño manual.

Tabla I. Tiempo de ordeño promedio por vaca

# VACA	NOMBRE	AÑOS DE ORDEÑO	AÑOS DE VIDA	TIEMPO DE ORDEÑO MAÑANA EN MIN	TIEMPO DE ORDEÑO TARDE EN MIN
1	MUCA	3	6	25	25
2	PATIADORA	1	4	15	15
3	CACHUDA	3	6	20	15
4	MUQUITA	1	5	15	15
5	NEGRA	2	5	25	20
6	ESMERALDA	3	6	30	25
7	CAMPANA	4	7	20	20
8	TORIBIA	2	5	15	15
9	ENRIQUETA	2	5	10	10
10	LUQUI	3	6	15	15
11	FINITA	3	6	15	15
12	NAVIDAD	3	6	20	20
13	SINFOROSA	2	5	20	15
14	COLORADA	1	4	15	15
15	PRINCESITA	2	5	10	10
16	CELESTE	3	6	25	20
17	BRIGIDA	2	5	30	25
18	SHAKIRA	5	8	25	20
19	SECA	2	5	20	20
20	COLOCHA	2	5	30	25

De la tabla anterior se determina

$$\sum \text{TOM} = 400 \text{ min} / 20 = 20\text{min}$$

$$\sum \text{TOM} = 20 \text{ min} / \text{vaca}$$

$$\sum \text{TOT} = 360 \text{ min} / 20 = 18\text{min}$$

$$\sum \text{TOT} = 18 \text{ min} / \text{vaca}$$

Donde

Σ TOM; es el tiempo de ordeño por la mañana.

Σ TOT; es el tiempo de ordeño por la tarde.

Se puede ver entonces que el tiempo promedio de ordeño por vaca en la mañana, si se ordeña manualmente es de 20 minutos y por la tarde de 18 minutos.

Con estos datos tan sencillos se llega a determinar que si diariamente se dispone de una hora y media para ordeñar y si se toma en cuenta el número de vacas para ordeñar, se puede calcular el personal para el ordeño y también se pueden determinar los costos.

Estos son datos que más adelante servirán para comparar el ordeño industrial y el ordeño manual en cuanto a eficiencia y costos.

2.3 Determinación de la producción diaria promedio por vaca

Se han tomado 20 muestras de la producción diaria por mañana y tarde en San Agustín y se han tabulado de la siguiente manera.

Tabla II. Tabla de producción diaria por vaca.

# VACA	NOMBRE	AÑOS DE ORDEÑO	AÑOS DE VIDA	PRODUCCION MANAÑA EN L.	PRODUCCION TARDE EN L.	SUMATORIA
1	MUCA	3	6	14	6	20
2	PATIADORA	1	4	15	7	22
3	CACHUDA	3	6	14	6	20
4	MUQUITA	1	5	16	6	22
5	NEGRA	2	5	16	6	22
6	ESMERALDA	3	6	16	5	21
7	CAMPANA	4	7	12	10	22
8	TORIBIA	2	5	15	10	25
9	ENRIQUETA	2	5	15	10	25
10	LUQUI	3	6	15	6	21
11	FINITA	3	6	15	10	25
12	NAVIDAD	3	6	17	7	24
13	SINFOROSA	2	5	14	8	22
14	COLORADA	1	4	16	6	22
15	PRINCESITA	2	5	16	6	22
16	CELESTE	3	6	15	9	24
17	BRIGIDA	2	5	16	8	24
18	SHAKIRA	5	8	14	8	22
19	SECA	2	5	16	7	23
20	COLOCHA	2	5	16	7	23
				303L	148L	451L

De la tabla anterior se calcula

$$\sum \text{POM} = 303 \text{ L} / 20 = 15.15 \text{ L}$$

$$\sum \text{POM} = 15.15 \text{ L.} / \text{ vaca}$$

$$\sum \text{POT} = 148\text{L} / 20 = 7.40 \text{ L.}$$

$$\sum \text{POT} = 7.40 \text{ L} / \text{ vaca}$$

Donde

\sum POM, es la producción promedio por la mañana.

\sum POT, es la producción promedio por vaca en el ordeño de la tarde.

Puede verse que si se realiza el ordeño manualmente durante la mañana se extraen en promedio 15.15 litros de leche por vaca y durante la tarde se extraen 7.40 litros por vaca en promedio.

Todos estos datos son interesantes porque basta con multiplicar la producción promedio por el número de vacas ordeñadas y se puede saber cuanto es la producción diaria total y cuanto es el ingreso diario de la planta solo multiplicando la cantidad extraída por el precio de venta.

Otro dato interesante de la producción diaria promedio es que se puede saber qué vacas son menos rentables y cómo decrece la producción del ganado conforme el tiempo pasa.

2.4 Medición de la eficiencia general de la planta con el sistema actual.

Existen muchas formas de definir la eficiencia de un proceso productivo, pero la más adecuada es la que se consigue al relacionar la producción real y la producción estándar establecida, esto significa que se debe tener un parámetro bien establecido contra el cual se harán las comparaciones necesarias para ver que tan eficiente es un proceso.

Tabla III. Sumatorias de tiempos de ordeño manual

# VACA	NOMBRE	TIEMPO DE ORDEÑO MAÑANA EN MIN	TIEMPO DE ORDEÑO TARDE EN MIN	ΣTE	ΣTE_p
1	MUCA	25	25	50	55
2	PATIADORA	15	15	30	55
3	CACHUDA	20	15	35	55
4	MUQUITA	15	15	30	55
5	NEGRA	25	20	45	55
6	ESMERALDA	30	25	55	55
7	CAMPANA	20	20	40	55
8	TORIBIA	15	15	30	55
9	ENRIQUETA	10	10	20	55
10	LUQUI	15	15	30	55
11	FINITA	15	15	30	55
12	NAVIDAD	20	20	40	55
13	SINFOROSA	20	15	35	55
14	COLORADA	15	15	30	55
15	PRINCESITA	10	10	20	55
16	CELESTE	25	20	45	55
17	BRIGIDA	30	25	55	55
18	SHAKIRA	25	20	45	55
19	SECA	20	20	40	55
20	COLOCHA	30	25	55	55
TOTAL				705min	1045 min

Donde

$\sum TE$ = sumatoria del tiempo estándar

$\sum TE_p$ = sumatoria del tiempo estándar permitido

El tiempo estándar permitido (TE_p) es el que se toma de la actividad más duradera del proceso.

Calculando la eficiencia para el proceso o para la línea de producción de ordeño manual tenemos que

$$\text{Eficiencia} = E = \frac{\sum TE}{\sum TE_p}$$

$$\text{Eficiencia} = E = 705 / 1046 * 100\%$$

$$E = 67.3996 \%$$

Se puede ver que el proceso no es malo, pero habrá que analizar la situación industrial para ver si hacemos más eficiente el proceso o no.

2.5 Diagramación del proceso actual

Figura 1. Diagrama de operaciones para el proceso de ordeño actual.

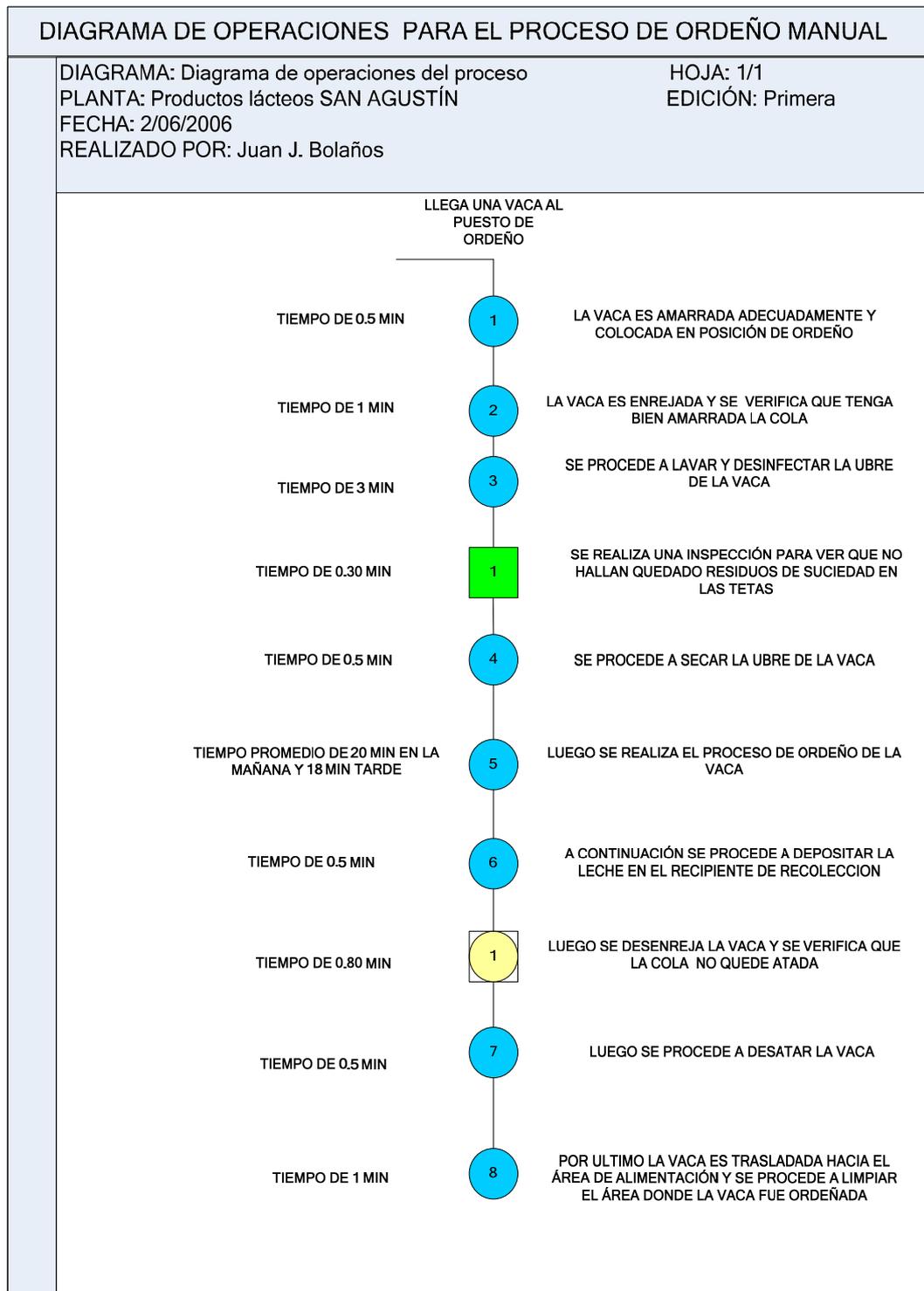


Figura 2. Resumen del diagrama de operaciones para el proceso de ordeño manual.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE ORDEÑO MANUAL				
RESUMEN				
DIAGRAMA: Diagrama de operaciones del proceso			HOJA: 2/2	
PLANTA: Productos Lácteos SAN AGUSTÍN			EDICIÓN: Primera	
FECHA: 2/06/2006				
REALIZADO POR: Juan J. Bolaños				
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD	DURACIÓN	COSTO
	OPERACION	8	27 ORDEÑO EN LA MAÑANA Y DE 25 min EN LA TARDE	
	INSPECCION	1	0.30 min	
	OPERACIÓN COMBINADA (OPERACIÓN E INSPECCION)	1	0.80 min	
TOTAL			28.10 min EN LA MAÑANA Y 26.10 min EN LA TARDE	

3. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMÁTICO

3.1 Información general sobre el nuevo diseño

3.1.1 Estructura del establo

El diseño del establo propuesto se basa en el manual del Protocolo a cumplir para obtener la certificación correspondiente a constancia de Inscripción de establecimiento para la Unión Europea. UE.4 03/10/98/B.

El diseño del nuevo sistema de ordeño propuesto esta enfocado a cumplir con las normas establecidas a escala mundial para que una lechería sea aceptable, dentro de estas normas tenemos:

- La presentación de croquis estructural con dimensiones y características (esquema de circuito de leche, red de agua segura, utilizada - pozo, tanque, capacidad del mismo etc. La distribución de la red de agua cómo la de leche o cualquier otra, deberán identificarse utilizando colores que las diferencien.
- Las indicaciones podrán ser presentadas en conjunto en un mismo plano, señalizando el recorrido de las cañerías con los siguientes colores:

Tabla IV. Colores recomendados para las diferentes tuberías de líquidos.

- agua fría:	verde
- agua caliente:	Verde con franjas color naranja
- leche:	blanco
- vapor de agua:	naranja
- combustibles:	Amarillo

Dichos colores deberán ser destacados igualmente a manera de marcaje sobre la tubería en una mínima superficie aproximadamente diez (10) centímetros, colocada en lugares que permitan ser vistos con facilidad y en aquellos que puedan ser críticos y que requieran de una buena visualización.

3.1.2 Instalaciones operativas

- EL Agua fría y caliente debe estar bien asegurada con suficiente volumen, para cubrir las necesidades que demanda la buena higiene y funcionalidad del ordeño. En nuestro caso el sistema será diseñado solo para agua fría.
- Las paredes, pista de ordeño y corral de espera inmediato anterior a la sala de ordeño, deben ser de material impermeables, lavables, de buen drenaje para mantener la higiene y desinfección.

- Baño instalado disponible para la unidad de producción primaria. Su ubicación y uso se adaptará a la estructura de cada establecimiento, tratando de lograr funcionalidad y condiciones higiénico-sanitarias adecuadas, debiendo encontrarse entre su instalación y el ámbito donde se desarrollen las tareas propias del ordeño, un lavado para el lavado de manos previo a las tareas, acondicionado con jabón líquido, toallas desechables y cesto para depositarlas.
- Cuarto de vestuario construido con paredes lisas y piso de material impermeable, ventanas protegidas con alambre mosquitero y puerta completa, ubicado de tal forma que guarde una funcionalidad higiénico-sanitaria adecuada, dotado de elementos acordes para el cambiado de ropa.
- Sala de máquinas.
- Sector para la ubicación, en forma separada, para guardar los productos químicos utilizados para desinfección y limpieza. Podrá utilizarse en este caso un armario con puerta e identificado indicando su uso.
- Sector separado para guardar los utensilios de limpieza.
- Lugar exclusivo para tóxicos (raticidas e insecticidas); cerrado.
- Lugar adecuado para depositar los medicamentos.
- Depósito recolector de residuos, identificado para tal fin.
- Lavado en el sector de ordeño ubicado de manera práctica para el lavado de manos y brazos al comenzar el ordeño y durante el mismo, cuando así se requiera. El desagüe irá destinado al sistema de afluentes utilizado en el establecimiento, evitando en todo momento el derrame de líquidos a la intemperie.

- Tanque de frío de acero inoxidable, con superficies internas impermeables, sin porosidad, de material no oxidable. En cualquier variante con lavado automático.
- Máquina de ordeño
- El alimento para el ganado debe estar almacenado o ensilado fuera de la sala de ordeño, evitando el acceso de roedores, insectos u otros animales.
- Los corrales de encierre deben mantenerse limpios y en buen estado de mantenimiento; la sala de ordeño debe mantenerse con las paredes en buen estado de mantenimiento, sin rajaduras ni caídas de revoque, alisada, pudiendo encontrarse pintadas con pinturas autorizadas, etc.
- Todo corral o callejón de acceso a las instalaciones del establo deben mantenerse en condiciones tal que no permitan la acumulación de agua con formación de charcos o pantanos (por lluvias, aguas escurridas, pérdida de canillas, bebederos y aguas servidas).
- Las aguas servidas que son producto del lavado y desinfección del establo y anexos se destinará a una fosa ubicada a una distancia prudencial del perímetro de las instalaciones. Los líquidos se derivarán por entubamiento o zanja sobre el terreno, debiendo en este último caso encontrarse cubierta desde su inicio hasta una distancia mínima de diez (10) metros, mediante cualquier material (cemento, empalizada, durmientes, etc.) unidos de tal forma que se eviten rendijas. Dicha fosa deberá encontrarse cercada en lo posible con alambre tejido o similar. Deberán mantenerse sus alrededores libres de malezas y pasto cortado.

- En caso de utilizarse un sistema para la recolección de estiércol (estercolero), deberá construirse fuera del perímetro de las instalaciones, a una distancia mínima de veinte (20) metros y siempre que no entorpezca el medio ambiente, ubicado de tal forma que se interponga de por medio a manera de vallado, una de las paredes de las instalaciones de ordeño.

Estará construido con material impermeable y con cierre hermético total o puertas con alambre mosquitero, con marcos de material anticorrosivo que cubran totalmente lo que se deposita.

Su escurrimiento se efectuará en todos los casos desde su nacimiento por entubamiento o por medio de una zanja sobre el terreno cubierta con el mismo sistema del de la fosa.

Su limpieza se efectuará cómo mínimo una (1) vez por semana, transportándose los desechos por fuera del perímetro del establo, luego de haberse realizado las tareas de ordeño y lavado de las instalaciones, disponiéndose los materiales extraídos en la fosa, o ser utilizados cómo abono de los potreros u otros destinos que no afecten las instalaciones o alteren el medio ambiente.

Se pueden utilizar en el secantes baratos cómo cal, o algún químico que puedan ayudar a la descomposición del mismo, en muchos establos se hacen mezclas con fibras naturales para que la descomposición de la mezcla sea más fácil y se puedan hacer marquetas para su posterior venta.

3.2 Aplicación de un sistema de control de calidad para el sistema automático

Antes de aplicar y diseñar controles de calidad es necesario mencionar que es calidad y cual es la percepción que un cliente tiene de lo que es calidad, ya que al igual que los requisitos de calidad de un producto son variados, también la percepción de la calidad de un cliente es variada.

3.2.1 Definición de calidad

Cuando hablamos de calidad podemos decir que es el grado en que un conjunto de características inherentes cumplen con los requisitos establecidos.

También podemos decir que la calidad de un producto está comprendida por el conjunto de características que unidas le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades expresadas y las implícitas.

La calidad de un producto se demuestra cuando el cliente sabe en que grado se han cumplido sus requisitos, un indicador de mala calidad e insatisfacción del cliente son las quejas y reclamos un cliente satisfecho no reclama, y demuestra su interés cada vez que regresa y visita el negocio.

3.2.2 Calidad total

Es una metodología de negocios estructurada, usando herramientas estadísticas básicas que se enfoquen al mejoramiento continuo de cada proceso que es crítico para la satisfacción del cliente. También puede considerarse cómo la aplicación sistemática, estratégica,

enfocada en el cliente, basada en el mejoramiento continuo de todos los actores y factores involucrados en la producción de un bien o servicio.

La calidad total significa un cambio de paradigmas en la manera de concebir y gestionar una organización. Uno de estos paradigmas fundamentales y que constituye su razón de ser es el perfeccionamiento constante o mejoramiento continuo. La calidad total comienza comprendiendo las necesidades y expectativas del cliente, para luego satisfacerlas y mejorarlas.

Nadie puede llegar a obtener calidad si no entiende a su cliente, cuando se habla de aumentar la calidad de un producto primero se debe saber cómo dividir la calidad global de proyectos de mejora y cómo medir la calidad del producto.

Cuando se desea realizar un buen proceso de calidad total se deben considerar cuales son los objetivos de la calidad total.

3.2.2.1 Objetivos de la calidad total

- Hacer lo adecuado.
- Hacerlo bien desde la primera vez.
- Esforzarse por lograr el mejoramiento continuo.
- Permitir, apoyar y recompensar la participación de los empleados.

3.2.2.2 Principios básicos para el logro de la calidad total

- La calidad total es clave para lograr competitividad: cuando se tienen productos de calidad, es muy fácil conseguir un lugar en el mercado y mucho más fácil crecer dentro del mismo.

- La calidad la determina el cliente: nadie más que el cliente es la persona indicada para calificar hasta que punto la calidad de nuestro producto o servicio esta cumpliendo con los requisitos de calidad, todo esto nos lleva a pensar que la calidad está en función del cliente. Por ello es necesario identificar las necesidades y expectativas de los clientes y su grado de satisfacción con los productos y servicios de la empresa, así cómo los de la competencia.
- Establecer mentalidad de cero defectos: con esto se logra que los desperdicios y pérdidas de producto se anulen, se deben eliminar aquellas operaciones que no generan valor agregado al producto. Cero defectos consiste en tener una actitud sistemática hacia no cometer errores.

Todo esto lo que pretende es crear en toda la organización que no se pueden tener defectos, y con el tiempo desaparecer los limites de tolerancia ya que éstos consagran el error.

- Tomar en cuenta a nuestro proveedor: Una organización y sus proveedores son interdependientes y unas relaciones mutuamente benéficas aumentan la capacidad de ambos para crear valor, cuando se trabaja con el proveedor se le indica cuales son los requerimientos para las materias primas, insumos, materiales etc. Y él se enfoca en los puntos claves que serán básicos para que el producto, proceso o servicio tenga la calidad necesaria para cumplir con las expectativas del cliente.
- Calidad: es ante todo una responsabilidad gerencial; los mandos directivos deben ser líderes, capaces de involucrar y comprometer al personal en las acciones de mejora.

- Compromiso de la gerencia: no se puede lograr la calidad total si toda la organización no se encuentra comprometida, deben de ser los mandos superiores quienes se interesen por el mejoramiento continuo y que hagan que se cumpla a nivel de organización.

3.3 Manual del fabricante

Son muchas las normas que todo fabricante de equipos establece para que funcionen correctamente, para las necesidades del proyecto el diseño de las normas a seguir se han ajustado y eliminado muchas que se consideran de poca importancia.

- El equipo de ordeño debe conectarse a un voltaje de 240 voltios y se debe prever que los cambios de tensión no sean muy drásticos.
- El equipo de ordeño se debe colocar en un lugar apto para máquinas con corriente eléctrica, esto indica que debe estar en un lugar previamente establecido y diseñado para un motor eléctrico.
- Las mangueras conductoras de vacío deben estar recubiertas y no pasar por lugares de alta temperatura.
- Se debe realizar una revisión periódica para ver que el equipo no tenga fugas de vacío.
- Es importantísimo llevar un control sobre la válvula de alivio del motor ya que el agua dentro del tanque de vacío lo corroe, es necesario purgar cada vez que se utilice el equipo.

- Cada vez que se realiza el ordeño se tiene que tener cuidado y solo empezar el ordeño hasta que los niveles de vacío estén al máximo esto lo indicara el manómetro de presión.
- Si se utilizan filtros en alguna parte del circuito de leche, estos deben reemplazarse viendo las especificaciones del fabricante.
- La garantía del equipo se pierde si el sello de seguridad fuera roto, en lo que a la maquina se refiere en especifico.

3.4 Diseño de control estadístico para el proceso

3.4.1 Control estadístico de la calidad

El uso de técnicas estadísticas puede ser de ayuda para comprender la variabilidad y ayudar, a cualquier empresa a mejorar la eficacia y la eficiencia de sus productos, procesos, procedimientos y en general el desarrollo económico.

La mejora continua no se puede dar si no se tienen bases bien cimentadas para poder desarrollarla, los análisis estadísticos dan los parámetros para estructurar el paradigma.

Todo proceso de producción por bueno que sea está caracterizado por cierto grado de variabilidad que es de naturaleza aleatoria y que no puede eliminarse por completo. Cuando esto pasa, se dice que el proceso está en estado de control estadístico.

Este estado se logra encontrando y eliminando los problemas que causan otra clase de variación, asignable, debido a malos operadores o mal entrenados, malas materias primas, maquinaria defectuosa, mantenimiento, métodos de trabajo, tiempo, etc. Los diagramas de control se utilizan para detectar desviaciones serias de un estado de control estadístico.

Aunque los procesos parezcan estables nadie puede decir que no existe variación ya que aun en condiciones de estabilidad existe variación y esta debe de identificarse en base a los análisis y técnicas estadísticas.

3.4.1.1 Gráficos de control

La finalidad de un gráfico de control es la identificación de la variabilidad de un proceso de producción a través del tiempo, es decir un gráfico de control nos sirve para ver cómo cambia un proceso productivo con el transcurso del tiempo.

El control es una actividad continuada durante la cual se hacen mediciones con ciertas variaciones de tiempo, al graficar las variaciones en un proceso es posible saber cuales son las causas de las mismas, mejorando así el aseguramiento de la calidad, cuando se aplica el control estadístico a un proceso productivo se mejora la comunicación entre operarios, supervisores de producción, personal administrativo, proveedores y clientes. Todos los participantes pueden determinar en que momento se ha salido el proceso de control y aplicar las medidas necesarias.

Un gráfico de control es simplemente una gráfica de tiempo, a la que se le agregan tres límites horizontales, conocidos como límites de control, los cuales son límite central de control (LCC), límite superior de control (LSC), y límite inferior de control (LIC).

3.4.1.2 Cómo utilizar los gráficos de control

Se deben seguir para utilizar los gráficos de control del proceso de producción, los pasos que a continuación se señalan:

1. Seleccionar los rubros que deben controlarse.
2. Decida que gráficos de control utilizará.
3. Construya un gráfico para el análisis del proceso. Reúna datos correspondientes a cierto intervalo de tiempo o recurra a datos anteriores, si aparecen puntos anormales investigue la causa y adopte medidas pertinentes.
4. Construya un gráfico de control para el control del proceso, suponiendo que se han tomado medidas para tratar las causas del cambio de la calidad y que el proceso está bajo control. Determine ahora si el producto satisface las normas correspondientes. Sobre las bases de estas conclusiones estandarice los métodos de trabajo, o modifíquelos si es necesario. Prolongue las líneas de control del gráfico a partir de la situación de estabilidad y siga consignando los datos diarios.
5. Controle el proceso de producción, si se mantienen los métodos de trabajo estandarizados, el gráfico debe reflejar la situación bajo control. Si aparece alguna anomalía en el gráfico se investiga la causa de inmediato y se adoptan las medidas apropiadas.
6. Vuelva a calcular las líneas de control. Esto es necesario cuando cambian el equipo o métodos de trabajo. Si el proceso de producción es objeto de un control sin tropiezo, el nivel de calidad que se muestra en el gráfico debe seguir aumentando.

En este caso se efectúan revisiones periódicas de las líneas de control: Al volver a calcular las líneas de control, es preciso respetar las siguientes reglas:

- I) Los datos que corresponden a puntos que denotan anomalías y cuya causa se ha encontrado y corregido no debe incluirse en el nuevo cálculo.
- II) Se deben incluir los datos sobre los puntos anormales cuya causa no se ha podido hallar o respecto a las cuales no se han adoptado medidas.

Cuando todos los puntos en el gráfico están dentro de los límites, esos mismos límites se llevan al día siguiente como referencia. Si hay puntos fuera, se eliminan y se toman acciones tales como revisar maquinaria, poner más cuidado en el método de trabajo, revisar los instrumentos de medición, otras posibles causas. Luego se recalculan los límites y se llevan al día siguiente.

No se tiene justificación para eliminar datos de un proceso, a menos que se hayan realizado acciones y se haya verificado que las causas determinantes de los puntos de control han sido eliminadas.

El control estadístico de la calidad (CEC) es un método científico riguroso, que sirve para la identificación de la calidad y la productividad que se pueden esperar de un determinado proceso de producción, de modo que el control de ambos atributos, calidad y productividad, se pueda incorporar al proceso mismo.

Además el CEC puede descubrir instantáneamente cosas que estén funcionando mal y mostrar donde ocurre el problema, una herramienta desgastada, un horno que se calienta excesivamente y debido a que puede hacerlo, con solamente una pequeña muestra, el mal funcionamiento se informa casi de inmediato, lo que permite a los operarios de las máquinas corregir los problemas en el momento preciso.

Con el CEC se requieren pocos obreros no operativos como los supervisores de línea sino que se sustituyen con unos cuantos capacitadores. En otras palabras el CEC no solo hace posible que los operadores de máquinas controlen su trabajo, sino que hace que dicho control sea prácticamente obligatorio, ya que nadie más tiene el conocimiento práctico necesario para actuar eficazmente basado en la información que el CEC proporciona constantemente como retroalimentación.

- Inspección: proceso de verificación del cumplimiento de las especificaciones establecidas con anterioridad.

Los métodos de inspección dependen de varios aspectos:

1.- Características de calidad: variables que pueden ser medidas en una cantidad y por atributos condiciones de si el producto es bueno o malo.

2.- Objetivos:

- Estudiar los materiales para determinar si el proveedor cumple con las especificaciones.

- Analizar causas y efectos, controlar no sólo las características de calidad sino maquinaria que pueda ser causa de productos defectuosos.
- Crear nuevos estándares y especificaciones cuando por más esfuerzo que se haga no se pueda cumplir con las especificaciones se necesitarán datos para cambiar los estándares.

Métodos de control

- Planillas de inspección: programa donde asignamos tiempos, recolectar datos. Tener un mecanismo, boleta, formato que nos permita uniformizar la recolección de datos.
- Distribución de frecuencias: tabulación de cuántas veces se repite algo. (variables)
- Gráficos de control: por atributos y variables, para el análisis cronológico de la producción.
- Diagramas de dispersión: relacionados con causas y efectos.
- Muestreo de Aceptación: para producción continua y producción por lotes. La inspección puede ser al 100% o por muestreo.

El diseño de un control estadístico para cualquier proceso de ordeño debe tomar en cuenta que un gráfico de control no es más que el cambio de la producción en el transcurso del tiempo con ciertos límites, para este caso del ordeño será el cambio de la producción en litros con el cambio del tiempo.

Para la construcción de los gráficos de control del proceso de leche se utilizará como marco de referencia la producción promedio en litros durante un mes y el número de vacas. Para este análisis será de 20 vacas.

4. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMÁTICO

4.1 Distribución del equipo en planta

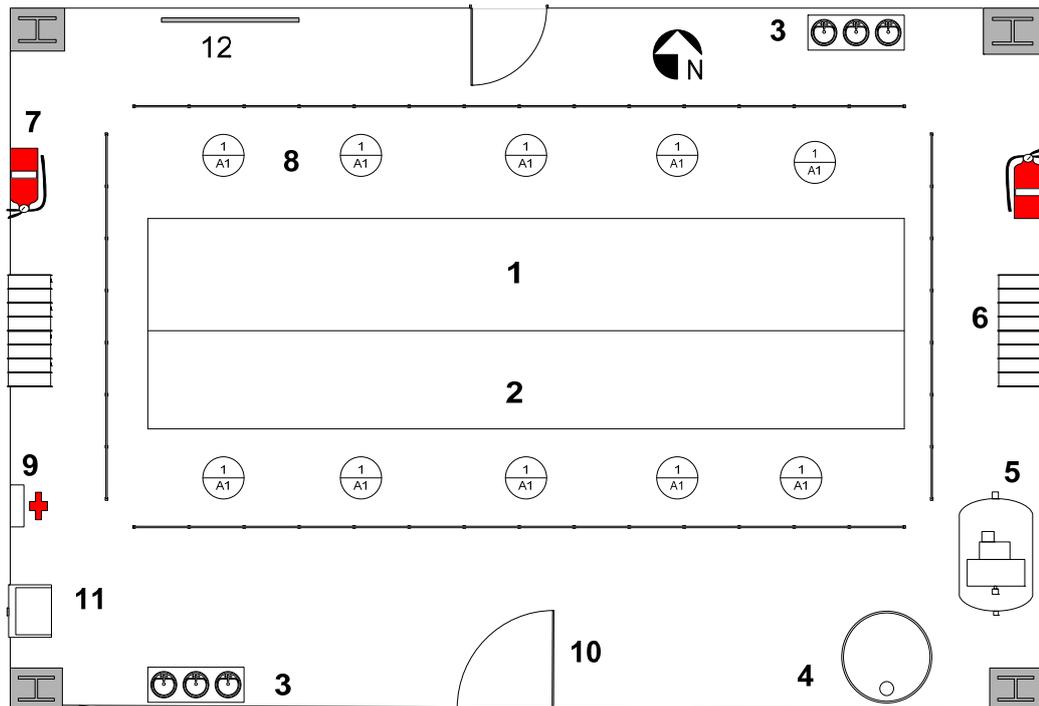
El diseño de un sistema de ordeño automático debe tener en consideración las variables de seguridad, economía, ergonomía, higiene y sobre todo debe considerarse que el área será utilizada para animales que pueden llegar a pesar hasta 1200 libras de peso vivo, todo ello debe de contemplarse en el diseño del área de ordeño y también a la hora de realizar la distribución en planta.

En este caso se han tomado todas las consideraciones y se han dejado ciertas áreas donde se colocarán equipos y materiales necesarios para cumplir con las necesidades antes mencionadas.

Otra de las variables consideradas en el nuevo diseño para la planta es el ara de ordeño. Esta no será de una sola línea y con una sola entrada cómo antes se acostumbraba en todas las áreas de ordeño sino que será de doble línea y además se ha dejado doble puerta de entrada para que los canales de acceso al área no se congestionen y las vacas no se golpeen mutuamente.

También se ha contemplado en el nuevo establo de ordeño automático que deben existir áreas específicas de almacenaje de herramientas y utensilios así cómo un área para colocar todos los controles necesarios sobre el proceso.

Figura 3. Diseño del nuevo establo de ordeño para el sistema automático.



DONDE

- 1 representa el área de ordeño de producción alta
- 2 representa el área de ordeño de menor producción
- 3 representa el área de aseo antes de realizar cualquier operación de ordeño
- 4 es el tanque de almacenamiento de leche mientras es extraída

- 5 ésta es la máquina que realiza el ordeño
- 6 estos son bancos donde se almacenan medicamentos, utensilios y herramientas necesarias para realizar el ordeño.
- 7 representa la ubicación de los extintores dentro del área de ordeño.
- 8 representa la ubicación de las mangueras de succión para realizar el ordeño.
- 9 es el botiquín de primeros auxilios.
- 10 son las salidas del área de ordeño.
- 11 es un estante donde se colocarán todo lo necesario para realizar el ordeño, acá estará ubicada la vestimenta necesaria para realizar el ordeño así cómo las herramientas de seguridad básicas a la hora de realizarlo.
- 12 representa el tablero de control donde estarán colocadas todas las anotaciones de producción, gráficos de control y demás notas necesarias en el proceso.

4.2 Instalación del equipo mecánico en planta

Es muy importante tomar en consideración las condiciones de instalación del equipo en planta ya que de ello dependerá su correcto funcionamiento.

La distribución en planta es la colocación física ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje y también otros espacios como los son los servicios o materiales auxiliares.

En el figura 3, se puede ver que la ordeñadora está instalada en la esquina sureste, ya que es por allí por donde existe menos tránsito de vacas, contiguo a la máquina está el depósito de almacenamiento de leche mientras es extraída.

Cómo se puede observar en la figura 4, la máquina de ordeño cuenta con distintos componentes los cuales deben estar debidamente asegurados y dispuestos de la manera más correcta, para que funcionen.

El principal componente del establo industrial es la ordeñadora automática, esta debe funcionar al máximo y para ello se debe instalar correctamente.

4.2.1 Instalación de la bomba de vacío

La bomba de vacío es la que genera el cambio de presión en la máquina de ordeño, debemos recordar en este punto que en el ordeño la leche fluye de una zona de mayor presión a una zona de menor presión.

La bomba de vacío es la que extrae el aire existente dentro del sistema, para que éste permanezca en presión negativa, y así pueda hacer que la leche fluya de la ubre hacia afuera. Las bombas de vacío generan ésta, por flujo de aire desde el sistema hacia el exterior.

En términos generales una bomba de vacío genera 0.2832 metros cúbicos de vacío por minuto por cada HP (746 watt) de potencia que tenga, esto permitirá prever la capacidad necesaria para una sala de ordeño.

En este punto cabe señalar que pocos profesionales y ganaderos conocen los principios básicos del funcionamiento de la bomba de vacío, incluso personas que brindan servicio de mantenimiento de este importante medio de ayuda en la producción de leche, no tiene el entrenamiento debido en materia de máquinas de ordeño, y esto hace que su imagen vaya en deterioro, de manera que el ganadero ha “probado” con uno u otro sin resultado satisfactorio.

La bomba de vacío tiene una entrada de aire, por esta entrada es donde la bomba respira o aspira aire para generar el vacío, esta entrada lleva un filtro, y se debe tener cuidado que en su instalación quede aislado de humedad, polvo, o suciedad ya que pueden ser aspirados.

4.2.2. Instalación del tanque de distribución

El tanque de vacío es un dispositivo en donde el vacío se “acumula”, generalmente lo encontramos por debajo de la bomba de vacío, y muchas veces se le conoce cómo trampa o reserva de vacío. Su función es la de mantener un nivel de vacío más o menos constante, es el que tiende a equilibrar cuando hay fluctuaciones de vacío.

En el caso del equipo para éste proyecto el tanque de vacío se encuentra ubicado por debajo de la máquina a una distancia de 50 cm.

4.2.3 Instalación de líneas de vacío de leche

Las líneas de vacío de leche son a las que se conectan las mangueras de leche que llevan ésta hasta un balde o a una línea que llevará la leche al tanque de recepción.

Es importante mencionar que la pendiente que estas tengan hasta el tanque de recepción es fundamental, ya que de lo contrario se crea turbulencia en el flujo de la leche y esto significa mayor consumo de vacío, lo que puede tener repercusión en la garra o pezonera.

Las líneas de leche serán instaladas para cada punto de ordeño y tendrán una salida a una altura de 60 cm del suelo y estarán ancladas con ganchos de sujeción para evitar que se contaminen.

4.2.4 Instalación de líneas de vacío de pulsadores

La línea de vacío de pulsadores, es la línea a la que se conectan los pulsadores. Es recomendable que esta línea sea independiente de la línea de leche, esto ayuda sustancialmente a mantener estabilidad de vacío en el sistema. Estas pasarán por tuberías subterráneas debajo de la línea de producción baja para no ser dañadas.

4.2.4.1 Manómetro

Medidor que va en la línea de pulsadores e indica el nivel de vacío del sistema, debemos recordar que es sólo indicador aproximado del nivel real de vacío. Éste no hay que instalarlo ya que es un componente que forma parte de las líneas de vacío de pulsadores.

4.2.5 Regulador

Es un dispositivo calibrado que se encarga de la admisión de aire hacia el sistema, es el encargado de equilibrar con presión positiva, para que el sistema no se mantenga en presión negativa constante, si no fuera por el regulador no habría las alternancias entre presión positiva y negativa, para un correcto funcionamiento de una máquina de ordeño.

Este dispositivo que en algunos casos trabaja con un sensor o simplemente tiene regulación neumática, es el encargado de que la bomba de vacío no haga que colapse el sistema de tuberías, ya que a un nivel de vacío extremo, deja entrar aire y si este vacío está cayendo, se cierra, por lo mismo dejar al aire, pero sin descuidar la limpieza es garantía de buen funcionamiento de la máquina. Éste quedará instalado entre las dos áreas de ordeño.

4.2.6 Los pulsadores

Son dispositivos que también admiten aire hacia el sistema, necesarios en las diferentes fases del ordeño, es el encargado de admisión de aire para la fase de descanso de las pezoneras. Además son indicadores del ritmo que lleva la máquina durante el ordeño. Los pulsadores pueden ser eléctricos o neumáticos, en nuestro caso por el tipo de equipo los pulsadores son totalmente eléctricos.

4.2.7 Recipiente o tanque de recepción de leche

Éste es el dispositivo en dónde se recibe la leche cuando ésta fluye en un sistema cerrado de línea de leche, éste quedará instalado como se observa en la figura 3, a la par de la ordenadora, estará instalado sobre un bastidor metálico lo cual lo aísla de los alrededores y además le da ventilación para que se mantenga a una temperatura estable.

4.2.7.1 Trampa sanitaria

Dispositivo de desfogue para el tanque de recepción. Esta tiene para todos los casos la finalidad de servir de purgador o válvula de purgue esto para cuando se haga la limpieza del tanque de recepción.

4.2.8 Unidades de ordeño

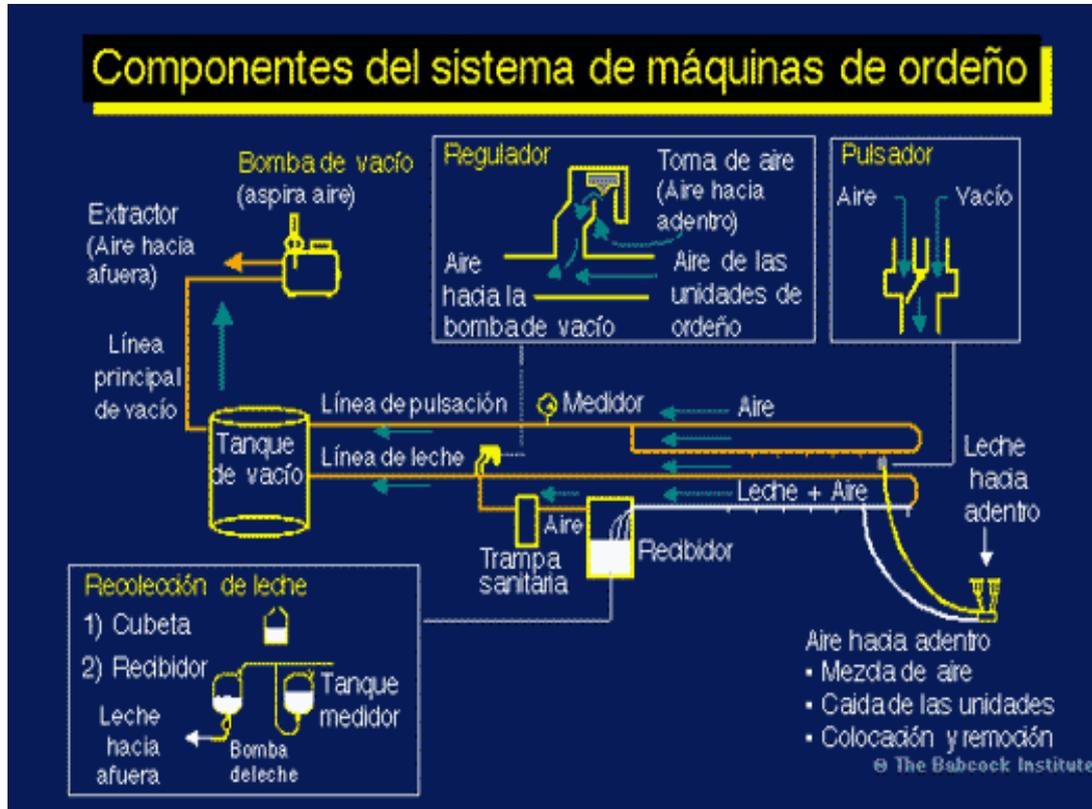
Son las que se colocan a los pezones para la correcta extracción de la leche, que para nuestro caso son en total de 16. Lo cual permite ordeñar simultáneamente 4 vacas a la vez.

Estas son la última parte del sistema de ordeño y donde se concluye, estas en función industrial son como la mano propia del hombre, y su instalación no es fija ya que estas rotaran en ambas áreas de ordeño.

4.3 Montaje del equipo en planta

El montaje del equipo en planta se hará conforme al diagrama que es promocionado por el fabricante y que se detalla en la figura 4.

Figura 4. Diagrama de componentes de la máquina de vacío.



4.3.1 Montaje de la bomba de vacío

Según el fabricante la bomba de vacío debe de ir anclada al piso en los cuatro puntos de apoyo del bastidor metálico, ya que la vibración será constante, se deben utilizar aislantes de hule para evitar ruidos y la misma vibración.

Para el montaje, del equipo el bastidor metálico tendrá las dimensiones de 70 cm de ancho por 1 metro de largo, será anclado directamente al piso con cuatro pernos fundidos directamente sobre el suelo, además utilizara aislamientos de hule entre la base y cada pata del bastidor.

La bomba de vacío produce alrededor de 0.2832 metros cúbicos de vacío por minuto, por cada HP de potencia que tenga, lo que significa que a la hora de montarse ésta sobre el bastidor se debe tener el cuidado que no exista ni la más mínima entrada de vacío ya que esto podría generar un cambio de presión y que el equipo no funcione adecuadamente.

4.3.2 montaje del tanque de distribución

El tanque de distribución es el encargado de almacenar el vacío, debe de ir fijo en algún lado, éste será montado debajo del bastidor metálico a una distancia de 50 cm.

Cómo es cilíndrico lo anclaremos en cuatro puntos de soldadura al cuerpo del bastidor de la bomba de vacío y las conexiones de vacío las instalaremos por un lado.

4.3.3 Montaje de líneas de vacío de leche

Lo más importante del montaje de las líneas de vacío de leche, es la caída o pendiente que se le deje, para el montaje de nuestras líneas de vacío de leche se ha contemplado una pendiente de 26° para que el flujo de leche sea constante y no ocurra turbulencia.

La salida en cada área de ordeño será a una altura del piso de 60 cm. Y será acá donde se conectarán las mangueras de ordeño directamente, para que no exista ni el mínimo riesgo de contaminación las mangueras tendrán un punto de anclaje a 1 m de altura y se pondrán sostener acá durante el tiempo que el operario necesite para la preparación del ordeño.

Es importante a la hora del montaje de las líneas de vacío tomar en cuenta que no deben por ningún momento quedar expuestas ya que a pesar de la calidad de los materiales con que son fabricadas pueden correr el riesgo de corrosión o desgaste, por lo que se ha diseñado un paso por debajo de las áreas de ordeño con tuberías plásticas para que estas puedan pasar.

4.3.4 Montaje de líneas de vacío de pulsadores

El montaje de estos es igual que el de las líneas de vacío de leche y no queda más que mencionar que se pondrán paralelas y en las mismas tuberías que las líneas de leche.

El manómetro, el regulador y los pulsadores son dispositivos que se deben acoplar al sistema de ordeño pero no tienen un previo montaje solo deben quedar en un lugar adecuado y en el caso del manómetro en un lugar visible.

4.3.5 Montaje del recipiente o tanque de recepción de leche

Cómo la pendiente es importante para el flujo de leche es necesario que el tanque quede por debajo del nivel de la máquina de ordeño, tomando en cuenta la pendiente.

En este caso será montado a una altura de 60 cm por debajo del nivel del piso, por lo que será necesario cavar una fosa de 1.50 m de largo por 1 m de ancho y 60 cm de profundidad, esto ayudará a mantener la temperatura de la leche y mejorará la calidad para el ambiente de almacenamiento y con lo cual la pendiente de caída de leche se podrá adecuar a las necesidades de ordeño

4.4 Diseño de un programa de control para el equipo.

El control del equipo es básico y se debe mantener con estricto cuidado y llevarse al pie de la letra.

Para las necesidades de nuestro equipo será básico controlar los siguientes aspectos:

- El nivel de vacío dentro del sistema, este estará basado en la capacidad de la bomba de vacío y las medidas del fabricante que para nuestro caso por el tipo de equipo no puede ser mayor de 3 pies cúbicos por minuto ya que se contara con un motor de 3 HP.
- La trampa sanitaria del tanque de recepción se debe revisar diariamente para mantener la sanidad del mismo, se debe lavar cuidadosamente con agua y solución de yodo para evitar la contaminación del siguiente ordeño.
- Las líneas de conducción de leche y vacío también deben tener su control y desinfección diariamente, pero se debe controlar el nivel de vacío en las mismas y esto se hará en un período de 10 días, tomando en consideración las medidas de presión en el manómetro, en el regulador y en los pulsadores.
- Las pezoneras también tiene que llevar un control y periódicamente se debe efectuar inspección visual de su funcionamiento ya que por el material del que están elaboradas pueden sufrir roturas o fisuras.

4.5 Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para el equipo

Es necesario mencionar que el mantenimiento, es una serie de pasos o actividades que deben ser realizadas en el equipo e instalaciones con el fin de mantenerlos en un nivel de servicio adecuado para el cual fueron creados.

El mantenimiento preventivo es el que trata de prevenir fallas en la maquinaria, se basa en inspecciones periódicas programadas, lo que permite una disminución de los tiempos muertos de producción debidos a dichas fallas, puede ser respaldado por el mantenimiento predictivo.

Las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener cómo consecuencia una tarea correctiva o de cambio, son importantes y necesarias. Este sistema se basa en que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles el servicio para garantizar su buen funcionamiento. Se hace mediante un programa de actividades, revisiones, lubricación, etc., previamente establecido con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos.

Hay que tener en cuenta durante la programación de vacaciones y autorización de licencias al personal de mantenimiento.

Para el sistema de ordeño automático el plan de mantenimiento preventivo será:

- Cada 3 meses se hará una revisión completa de la máquina de ordeño, engrasando sus partes lubricadas, revisando sus anclajes y se realizarán pruebas de vacío y de salida de aire para ver si sus componente no están defectuosos.

- Cada 10 días se realizarán pruebas de vacío en las líneas de leche y en las líneas de vacío para ver si no existen fugas de vacío o entradas de aire y si en dado caso existieran se reemplazarán las tuberías o procederá a repararlas.
- Diariamente se inspeccionarán las pezoneras para ver si no existen roturas o fisuras las cuales puedan generar desperdicio de vacío o fuga de leche y se harán los cambios necesarios.
- El tanque de almacenamiento se revisará cada 6 meses para ver si no existe alguna fuga de leche o punto extra de salida ya que por la característica corrosiva de la leche éste se puede deteriorar.
- El tanque de distribución de vacío también se debe inspeccionar ya que de él dependerá la distribución correcta en el sistema y esto se hará a la hora de revisar la bomba de vacío tomando en consideración que si existe alguna fuga de vacío éste debe reemplazarse inmediatamente ya que se considera desechable.

4.6 Diseño de gráficos de medias y rangos para el sistema de producción

En muchas ocasiones los gráficos nos sirven para evaluar el desempeño de los procesos y para identificar los puntos críticos del mismo, es importante mencionar que la comprobación de medidas y la estandarización solo se logra poner en práctica cuando los procesos son bien identificados y cuantificados, parte de todo esto es la representación gráfica.

Tabla V. Producción diaria por vaca durante 5 días y cálculo de promedio y rango

Subgrupo No.	PRODUCCION DIARIA EN LITROS					PROMEDIO \bar{X}	RANGO R
	X1	X2	X3	X4	X5		
1	25	19	26	27	20	23.4	8
2	23	22	19	28	24	23.2	9
3	30	21	18	23	26	23.6	12
4	22	25	27	26	19	23.8	8
5	28	18	26	27	22	24.2	10
6	21	19	28	30	24	24.4	11
7	20	22	28	21	27	23.6	8
8	22	29	28	28	30	27.4	8
9	26	23	30	24	28	26.2	7
10	25	19	28	24	27	24.6	9
11	30	29	24	28	25	27.2	6
12	24	28	24	29	22	25.4	7
13	28	21	20	22	29	24	9
14	21	27	18	30	19	23	12
15	25	18	28	24	29	24.8	11
16	28	19	25	26	30	25.6	11
17	31	25	26	24	28	26.8	7
18	25	26	28	18	24	24.2	10
19	25	24	25	19	30	24.6	11
20	30	28	19	25	24	25.2	11
						24.76	9.25

Primero, se deben calcular las medias, tanto de la media de cada muestra (\bar{X} doble barra) cómo la de su rango o recorrido (R). Para esto se utilizan las siguientes formulas:

Fórmula No. 1
Media de medias

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k}$$

Donde la media es $\bar{X} = 24.76L$

Fórmula No.2
Rango de rangos

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

Donde el rango = $\bar{R} = 9.25L$

Para construir los gráficos de control por variables, se tiene que tener en cuenta que al determinar si un proceso está bajo “control estadístico”, siempre se debe analizar primero la gráfica R. cómo los límites de control en la gráfica X (barra) dependen de la amplitud promedio, podría haber causas especiales en la grafica R, que produzcan comportamientos anómalos en la grafica X (barra), aún cuando el centrado del proceso este bajo control.

Los límites de control de rangos se calculan:

Fórmula No. 3
Límite superior de control

$$LSCR = D_4 \times \bar{R}$$

$$LSCR = (D_4) \cdot (R)$$

(D₄ y D₃) se obtiene de una tabla estadística¹ (factores para gráficos de control); para este caso es de 2.11 y 0 con un tamaño de grupo n=5.

$$LCCR = (\bar{X})$$

Fórmula No. 4
Límite inferior de control

$$LICR = D_3 \times R$$

Donde LICR = 0, porque para todo proceso en que se considera un n < 7, D₃ = 0, véase la misma tabla estadística de D₄.

Los límites de control de medias se calculan:

Fórmula No. 5
Límite superior de control

$$LSCX = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

(A₂) se obtiene de la misma tabla estadística de D₄, que para nuestro caso es de 0.58 con un tamaño de grupo n=5.

$$LCCX = \bar{\bar{X}}$$

1

¹ Administración y control de la calidad, cuarta edición James R. Evans, William Lindsay. Apéndice B (Anexo 5)

Fórmula No. 6
Limite inferior de control

$$\text{LICX} = \bar{X} - A, \bar{R}$$

Entonces haciendo los cálculos y tomando en consideración la tabla, factores para límites de control en gráficos de medias y rangos se obtiene:

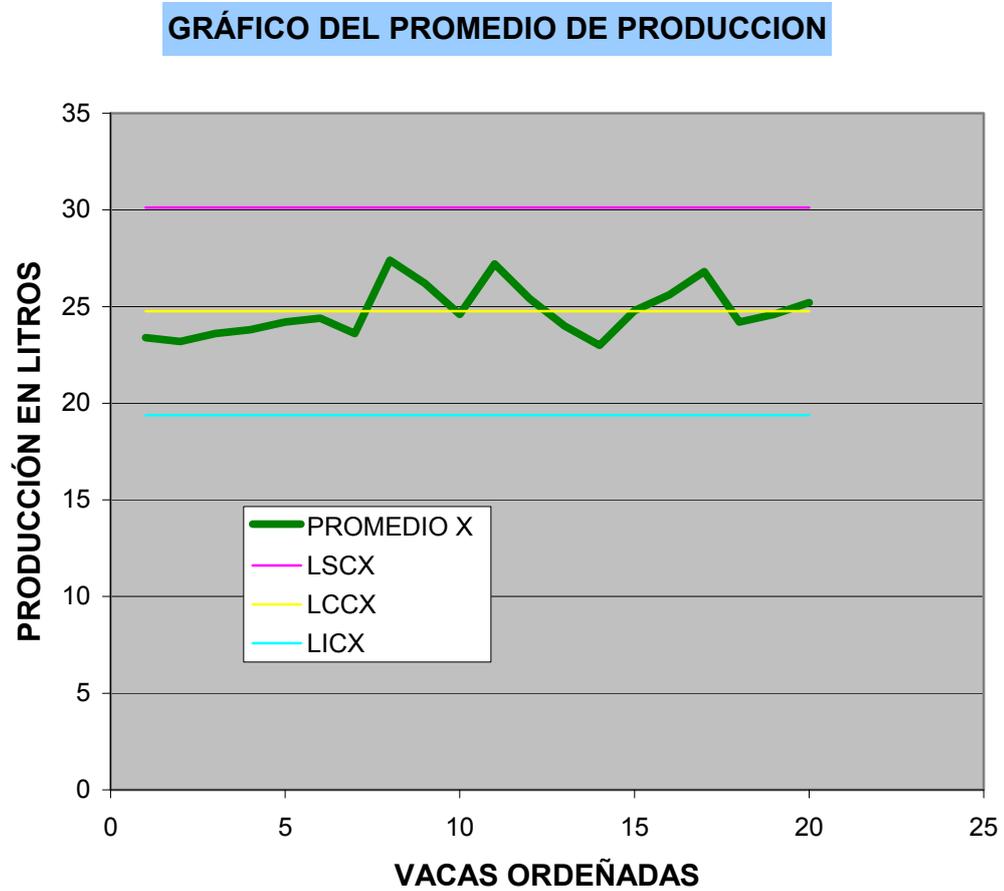
Para el gráfico de medias

$$\text{LSCX} = 24.76 + (0.58)*(9.25) = 30.1250$$

$$\text{LCCX} = 24.76$$

$$\text{LICX} = 24.76 - (0.58)*(9.25) = 19.3950$$

Figura 5. Gráfico del promedio de producción diaria



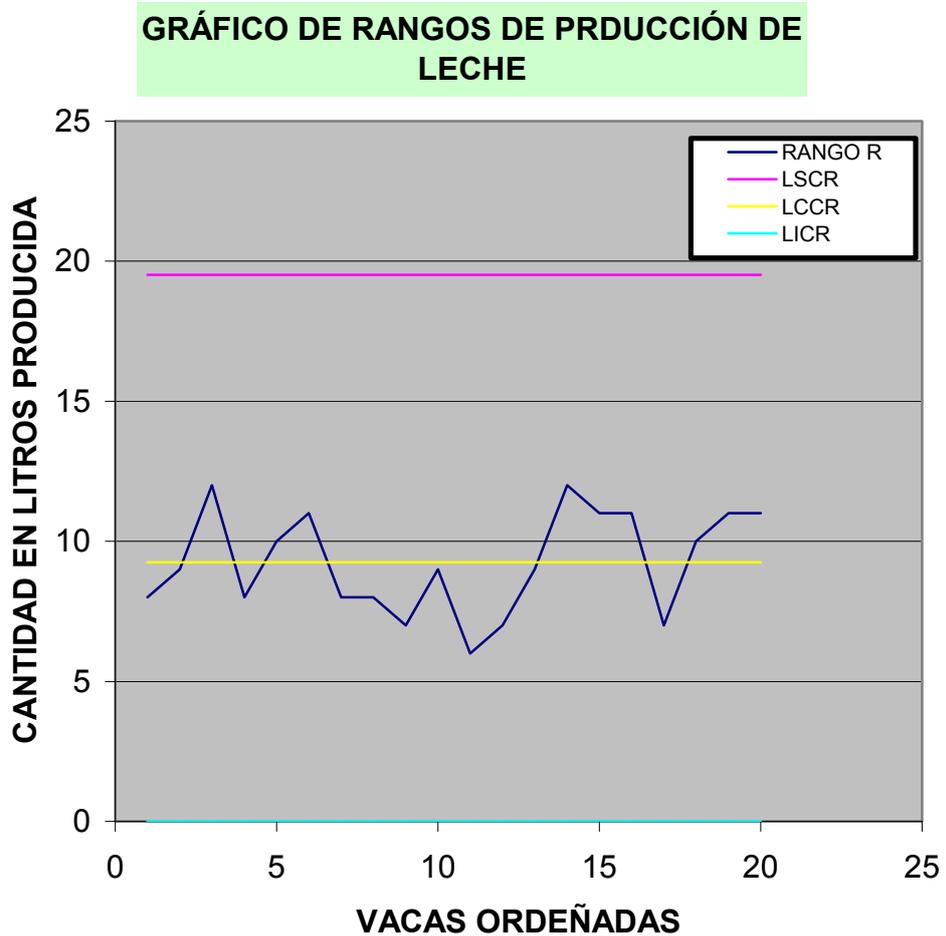
Para el gráfico de rangos

$$LSCR = (2.11) \cdot (9.25) = 19.5175$$

$$LCCR = 9.25$$

$$LICR = (0) \cdot (9.25) = 0$$

Figura 6. Gráfico de rangos de producción de leche diaria



Cómo se puede observar a pesar de la variación en las cantidades producidas por vaca, el proceso aún se encuentra bajo control, y aunque el análisis estadístico indica que el proceso en control permanente no debe quedar ningún punto fuera de los límites, para este proceso lo que interesa es que no quede ni un solo punto por debajo de los límites inferiores de control.

Entre más productivo sea nuestro ordeño mayores deberán ser los límites y esto será de beneficio, entonces se puede concluir que con los gráficos de control se detectan bajas en producción, y estas son causas asignables a mastitis etc.

Por ejemplo si un punto (\bar{X}) nos hubiera quedado por debajo de la línea de límite inferior, se tendría que hacer una revisión y ver por que causas fue que la producción fue demasiado baja, y de allí se podría detectar inclusive hasta una enfermedad en la vaca ordeñada.

4.7 Plan de contingencias si el ordeño llegara a fallar

El diseñar e implementar un plan de contingencia para contrarrestar el fallo de un proceso debe ser prioritario en cualquier empresa, no es una tarea fácil; puede implicar esfuerzos y gastos considerables, sobre todo si se está partiendo de cero. Una solución comprende las siguientes actividades:

1. Debe ser diseñado y elaborado de acuerdo con las necesidades de la empresa.
2. Puede requerir la construcción o adaptación de un sitio para los equipos o materiales alternos.
3. Requerirá del desarrollo y prueba de muchos procedimientos nuevos, y éstos deben ser compatibles con las operaciones existentes.
4. Implicará un compromiso entre costo, velocidad de recuperación, medida de la recuperación y alcance de los desastres cubiertos.

Cómo con cualquier proyecto de diseño, un método estructurado ayuda a asegurar que se toman en cuenta todos estos factores y que se les trata adecuadamente.

A continuación se muestran las principales actividades requeridas para la planificación e implementación de una capacidad de recuperación de desastres.

1. Identificación de riesgos
2. Evaluación de riesgos

4.7.1 Identificación de riesgos del proceso

El principal riesgo del proceso de ordeño es que el equipo colapse, o que en último caso cómo sucede en muchas áreas del país la energía eléctrica deje de ser suministrada durante un lapso de tiempo.

Para corregir los riesgos se ha hecho énfasis en el plan de mantenimiento preventivo, pero esto no descarta que pueda ocurrir, y al momento del siniestro se debe estar seguro que se pueda cambiar rápidamente de un proceso a otro para que no ocurran pérdidas considerables.

Si el proceso de ordeño automático llegara a fallar la única solución es regresar al ordeño manual, aunque esto implica variables que se deben contemplar.

Dentro de ellas que el personal necesario para el ordeño manual no es el mismo que se utiliza para el ordeño automático, de allí que dentro del plan de contingencia se debe tener personal capacitado alternativo, que en su momento pueda ejercer el cambio de proceso inmediatamente.

También se debe tomar en cuenta que las vacas estarán acostumbradas al ordeño automático y pueda ser que a la hora de realizarlo manualmente aún les queden residuos de leche en la ubre lo cual se debe contrarrestar haciendo un ordeño posterior al reestablecerse el ordeño automático.

Otro de los riesgos que se corre es que no se cuente con todo el equipo manual necesario, para ello se debe contar en la bodega de suministros con todo el equipo necesario para el ordeño manual y no sufrir consecuencias mayores.

Lógicamente la cantidad extraída manualmente disminuirá y si se cuenta con una tasa mínima de entrega al proveedor o a las líneas de producción en caso de que se transformen el producto internamente se debe tener contemplado un índice de holgura considerable para no incurrir en falta de suministro a nuestro cliente.

4.7.2 Evaluación de riesgos

El hecho de tener que cambiar de un sistema a otro es algo que se debe considerar cómo última opción, ya que esto conlleva a una serie de circunstancias que deben tomarse muy en cuenta:

- El costo, es una variable que tiene mucha relevancia a la hora de evaluar los riesgos, el cambio de proceso por ser algo inusual hará que este aumente ya que no solo se requerirá de más mano de obra sino que también se requerirá de más materiales auxiliares, también es lógico que la producción disminuya y el margen de ganancia también.
- Dentro de la evaluación del riesgo también se tiene que contemplar que las enfermedades a las que pueden quedar expuestas las vacas a la hora del cambio de proceso pueden ser varias, entre ellas la mastitis, se aumenta el riesgo de la misma ya que las vacas quedan expuestas al contacto directo con la mano del hombre.

- El hecho de contar con dos inventarios uno para cada proceso es algo que en muchos casos no le gusta a nadie pero es algo que no se tiene que ver cómo un inventario doble se suministros sino cómo materiales extras para el plan de contingencias.

5. PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL PARA EL ORDEÑO

5.1 Normas generales de seguridad dentro del área de ordeño

La seguridad es una necesidad dentro de cualquier área de trabajo independientemente de cual se trate, en cualquier área donde exista la presencia de seres humanos debe tenerse bien claro que no deben existir riesgos ni del medio ambiente ni de índole humano que puedan causar accidente alguno.

Específicamente dentro del área de ordeño el aspecto de la seguridad es crítico ya que solo intervienen en el ambiente de trabajo seres humanos sino que también existen animales y se debe tener el cuidado necesario y definir bien las reglas de seguridad para que no existan accidentes que puedan tener pérdidas tanto materiales como humanas.

Los aspectos de seguridad dentro del establo se pueden definir de muchas formas pero los aspectos críticos que se deben tomar en cuenta son:

- Rutas de entrada y salida de animales bien definidas.
- Cada área de trabajo tiene que estar establecida.
- Se debe utilizar el uniforme adecuado.
- La señalización de extintores, botiquín, tanque de almacenamiento, máquinas, herramientas etc. Deben estar bien definidas.

- Otro de los aspectos importantes es tener el adecuado control sobre los materiales utilizados dentro del establo.
- También hay que manejar con cuidado todo lo que esta relacionado con la máquina de ordeño, mangueras de succión, tanque de almacenamiento y máquina de ordeño.
- Los colores es un aspecto muy importante dentro del área de ordeño ya que influye mucho en los animales, y también es básico para la identificación de las diferentes áreas de trabajo.

5.1.1 Señalización del establo

El propósito de la señalización dentro del establo será llamar la atención de los trabajadores y demás personas que ingresen, sobre determinadas circunstancias cuando no se puede eliminar el riesgo ni proteger al individuo.

El propósito de la señalización dentro del establo será identificar las áreas y situaciones de riesgo por medio de señales y símbolos que serán fáciles de identificar.

Las señales utilizadas dentro del establo deben estar colocadas en áreas visibles, con los colores adecuados y se debe tomar en consideración que deben advertir con antelación la situación de riesgo para la cual fue diseñada.

Los colores que se utilizaran dentro del establo serán:

Tabla VI. Tabla de colores utilizados para la señalización

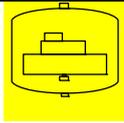
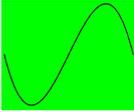
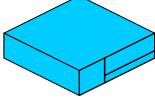
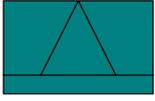
CÓDIGOS DE COLORES

COLOR	SIMBOLOGIA
Rojo	Peligro
Azul	Equipo de trabajo
Verde	Seguridad (Zona libre, acceso sin peligro)
Amarillo	Precaución (Posibilidad de peligro)
Anaranjado	Alerta
Blanco, Gris y Negro	Tránsito de peatones, orden y limpieza

Los colores más utilizados en seguridad industrial son siempre el rojo, amarillo y el anaranjado ya que ayudan a la persona a comprender rápidamente lo que sucede.

Dentro del establo se utilizarán las siguientes señales:

Figura 7. Señales utilizadas dentro del área de ordeño

GRÁFICO	SÍMBOLO	COLOR	GRÁFICO	SÍMBOLO	COLOR
	Botiquín	Rojo		Válvula	Blanco y negro
	Extintor	Amarillo		Grifo de manguera	Amarillo
	Máquinas	Amarillo		Tubería de paso de leche	Blanco
	Sentido único	Azul		Almacén de medicinas	AZUL
	Advertencia	Rojo		Extractor	Rojo
	Dirección prohibida	Rojo		Depósito refrigerado	Verde
	Alto no pasar	Rojo		Ruta de evacuación	Amarillo
	Información	Verde		Generador eléctrico	Azul

5.2 Normas generales de higiene dentro del área de ordeño

- El personal debe ingresar a la pista de ordeño vestido con indumentaria adecuada (mameluco, delantal y botas limpias), protector higiénico de cabeza, con manos y brazos limpios, uñas recortadas. En el caso de existir alguna herida el operario debe tener un protector plástico o guante desechables de látex o similar.
- Se debe proceder a asegurar una correcta higiene del pezón, sin utilizar desinfectantes para evitar la contaminación de la leche.
- La leche contaminada (cualquiera sea su carácter) será retirada con medidas profilácticas adecuadas y demostrables, del circuito normal de ordeño.
- El personal que practica el ordeño no debe realizar ninguna otra tarea fuera de la unidad de ordeño mientras dure éste, para evitar el contacto con otros sectores ajenos al sector.
- La leche deberá mantenerse refrigerada y la temperatura dependerá del tiempo que permanezca en el establo.
- Si la leche fuera recogida del establo diariamente, la temperatura deberá mantenerse hasta dicho momento a ocho 8°C grados *Celcius*.
- Si no se efectúa la recogida diariamente la temperatura será de seis 6°C grados *Celcius*.
- c) Durante el trayecto y hasta la llegada a la planta, la temperatura no superará los diez 10°C grados *Celsius*.

5.2.1 Tareas posteriores al ordeño

- El personal se debe ocupar de la limpieza e higiene del establo.
- Proceder al lavado y desinfección de la máquina ordeñadora y controlar el estado de pezoneras, descartar y reemplazar aquellas que se encuentren deterioradas.
- Luego de retirada la leche del tanque de depósito o cisterna de frío, se debe lavar y desinfectar el mismo, dejando el tapón de drenaje abierto hasta el escurrido total.

5.2.2 Manejo del establo

- Todo el plantel lechero debe estar identificado con números claros y visibles.
- Cada animal debe poseer una ficha individual donde se pueda anotar los índices de producción, edad, etc., cómo también la fecha de los medicamentos que se apliquen y su principio activo, los motivos del uso y el período de espera.
- El animal tratado debe ser separado del plantel de ordeño en potrero aparte.
- El animal tratado debe ser ordeñado al finalizar el ordeño.
- La producción de los animales tratados debe ser recolectada aparte y no se destinará para consumo humano hasta cumplir el período de cuarentena o período de espera prescrito por el laboratorio elaborador del medicamento aplicado, tomando siempre el máximo.

- Los animales sospechosos o enfermos, con trastornos visibles del estado general de salud, con problemas del aparato genital, con enteritis, con diarrea, etc., deberán encontrarse eficazmente aislados.
- Así mismo el ganado sano no deberá convivir con animales enfermos de otras especies, o de diferentes condiciones a los del rodeo.
- Todas las indicaciones relacionadas a la faz sanitaria y también higiénico-sanitarias de relevancia, cómo la tenencia y uso de los medicamentos, estará bajo la responsabilidad exclusiva del Médico Veterinario responsable, designado por el propietario del establecimiento.

5.2.3 Elementos, accesorios e instrumental

- La indumentaria de la persona para efectuar el ordeño debe constar con mameluco, overol, botas de goma, delantal impermeable, cofia, redecilla o gorro higiénico de color claro.
- Los utensilios para la limpieza deben ser de material anticorrosivo, y de superficie lisa que permitan un fácil lavado y desinfección.
- Las instalaciones deben poseer un cesto con bolsas de plástico estratégicamente ubicado para recolectar todo material que se deseche o descarte.
- Elementos necesarios para la preparación de los productos. Recipientes con medida, aforado, para su preparación, recipientes de primer uso, debiendo éstos ser especiales y no reciclados para tal fin, de uso exclusivo y rotulado para su identificación, esto es muy importante.

5.2.4 tareas de profilaxis

- Desratización. Los cebos tóxicos no deben estar a la vista, deben estar colocados en recipientes protegidos y diseñados para tal fin.
- Los granos, polvo tóxico o similar deben encontrarse en bolsas cerradas de polipropileno a efecto de evitar cualquier tipo de accidente.
- Deberá tenerse un plano o cartilla con la ubicación de los cebos.
- No se debe observar excrementos de roedores o cualquier otra especie animal.
- No se debe observar dentro o fuera del establo cuevas de roedores o cualquier otra alimaña.
- Desinsectación. Tener un plan para combatir, fuera de los horarios de producción, las moscas, cucarachas y otros insectos.
- No deben ingresar al establo otras especies animales, gatos, perros, gallinas, porcinos, etc.

5.2.5 Documentación sanitaria e higiénico sanitaria

- Carpeta con las instrucciones de uso sobre el lavado y desinfección de la máquina ordeñadora y cisterna de frío, productos utilizados, autorizados, con sus principios activos, concentración final de uso.
- Carpeta de productos agroquímicos, aprobados, aplicados en el establecimiento, pasturas, etc.

- Carpeta del Plan Sanitario que cumple el Médico Veterinario privado asesor del establecimiento:
 - a) Plan de vacunación.
 - b) Plan de desparasitación.
 - c) Naturaleza o motivo del tratamiento y/o intervención en cada animal, su diagnóstico e indicaciones, fecha, medicamento utilizado, antibiótico, antiparásito, hormona, plazo de espera en forma escrita de la utilización de la leche para ser destinada a consumo humano o animal.
 - d) Toda esta documentación debe llevar firma y sello aclaratorio del Médico Veterinario privado, constando la fecha.
 - e) El archivo de esta documentación debe ser conservado en el establecimiento durante 5 años.
 - f) Deben archivar en forma conjunta los prospectos de los productos medicamentosos aplicados.

- Carpeta con los análisis bacteriológicos y físico-químicos del agua de consumo en el establo.
- Carpeta con los planos de instalación y red de distribución de agua.
- Profundidad de la perforación del pozo de agua y su encamisado. Su alrededor debe estar protegido para evitar el ingreso o caída de elementos extraños.

- Capacidad de tanque o cisterna que contará con tapa de cierre hermético. El interior debe ser lavado y desinfectado periódicamente, encontrándose documentada esta operación.

Todas estas recomendaciones pueden ayudar no solo a la certificación de un establo lechero sino también a mejorar continuamente la calidad de la leche producida, ya que las recomendaciones no son solo sanitarias sino también de producción.

Otro punto clave de llevar al pie de la letra las normas sanitarias en un establo es que se evita la contaminación del producto aumentando así la eficiencia en cuanto a producción y reduciendo las pérdidas de producto.

5.3 Señalización de rutas de evacuación y áreas críticas de ordeño

Uno de los puntos de más interés en todo proyecto es la seguridad, debido a ello es que no se puede dejar por un lado la señalización de rutas emergencia y el cuidado de áreas críticas dentro de la planta.

El área de ordeño tiene una salida normal que está del lado norte, pero en caso de emergencia se dejarán señaladas dos ya que en este no existirá tráfico de animales.

Cómo se puede ver en la fig. 4 las rutas de evacuación serán señalizadas con flechas amarillas y con su respectivo rótulo.

5.3.1 Áreas críticas del establo

Otro de los aspectos del proyecto es la seguridad a la hora del desarrollo del ordeño, y existen áreas que son consideradas de riesgo aunque no de alta peligrosidad pero si de interés para la seguridad del trabajador.

- Cada punto de ordeño, es considerado crítico, ya que es aquí donde el trabajador interactúa directamente con el animal en proceso, es aquí donde el ordeñador debe estar conciente de que porta el equipo adecuado para su protección y que debe seguir al pie de la letra las instrucciones básicas de ordeño.

A las áreas de ordeño no debe entrar personal ajeno por ningún motivo ya que no solo ponen en peligro su integridad física sino también las condiciones de higiene que se deben guardar.

- También se considerará cómo área de riesgo según la fig. 3 el área 5 ya que aquí es donde está ubicado el equipo de ordeño, no se debe ingresar a esta área si no es necesario, se debe recordar que los equipos eléctricos siempre son riesgosos y las personas que interactúen con ellos deben poseer el conocimiento necesario.

Aunque el equipo eléctrico dentro del área de ordeño estará bien señalizado y aislado se debe estar conciente que siempre tendrá condición de riesgo y esto tiene que estar definido.

- Por ultimo el área de riesgo mínimo será cómo se puede observar en la fig. 3 el área 6 que será el lugar donde se guardarán herramientas y materiales para el ordeño, se debe recordar que por ser un estante de almacenaje se debe tener cuidado con los químicos y materiales punzo cortantes que acá puedan estar.

5.4 Normas higiénicas específicas para realizar el ordeño

Las normas higiénicas para realizar el ordeño aunque son parecidas no tienen por fuerza que ser las mismas para todos los establos ya que estas se adecuarán a las necesidades de ordeño y muchas veces a requerimientos establecidos por el cliente.

En productos lácteos San Agustín las normas de higiene básicas a cumplir son:

- Antes de ingresar al área de ordeño el operario tiene que colocarse el uniforme respectivo y lavar sus botas con el líquido previamente preparado.
- Para realizar el ordeño se debe de lavar la ubre de la vaca con agua y jabón sin olvidar que al final se debe realizar una pequeña inspección de la limpieza de la ubre.
- Ninguna persona puede tener contacto directo con la leche extraída.
- Todo el personal debe tener las uñas bien recortadas, pelo bien recortado y si por algún motivo siente malestar alguno de salud debe de reportarlo antes de ingresar al área de ordeño.
- Cada vez que se haga cambio de succionadores el operario debe lavarse las manos y utilizar diferente secador para cada vaca.
- El área de ordeño debe ser lavada y desinfecta antes de cada ordeño.

- Cuando se esté realizando el ordeño y las vacas defequen es necesario retirar el estiércol y tener el cuidado de lavar bien el área.
- Ninguna persona ajena tendrá contacto con los utensilios de ordeño y materiales de desinfección.
- Si durante el ordeño se detecta alguna enfermedad en una vaca se deberá informar inmediatamente, sacar la vaca del establo y aislar la producción de este animal.
- Los succionadores antes de colocárselos a cualquier vaca deben de desinfectarse con la solución adecuada y no olvidar que se deben secar al máximo.

Las normas básicas de higiene dan al proceso no solo estética sino que también le dan calidad, la higiene de un proceso da seguridad a cualquier persona que adquiera el producto y da certeza de que el producto tiene calidad.

6. RESULTADOS DEL PROYECTO

6.1 tiempo estándar de ordeño con el nuevo sistema

Se ha logrado medir el tiempo de ordeño por vaca promedio en San Agustín con un equipo de ordeño y se han tabulado los 20 tiempos más significativos con el ordeño automático.

Tabla VII. Tiempo de ordeño promedio por vaca

# VACA	NOMBRE	AÑOS DE ORDEÑO	AÑOS DE VIDA	TIEMPO DE ORDEÑO MAÑANA EN MIN	TIEMPO DE ORDEÑO TARDE EN MIN
1	MUCA	3	6	12.5	12.5
2	PATIADORA	1	4	7.5	7.5
3	CACHUDA	3	6	10	7.5
4	MUQUITA	1	5	6	8
5	NEGRA	2	5	10	8
6	ESMERALDA	3	6	13	11
7	CAMPANA	4	7	7	8
8	TORIBIA	2	5	6	7
9	ENRIQUETA	2	5	6	4
10	LUQUI	3	6	6	8
11	FINITA	3	6	9	6
12	NAVIDAD	3	6	12	11.75
13	SINFOROSA	2	5	11.25	6.75
14	COLORADA	1	4	7.5	6
15	PRINCESITA	2	5	6	6.3
16	CELESTE	3	6	11.50	10.75
17	BRIGIDA	2	5	13	10
18	SHAKIRA	5	8	13.5	9.23
19	SECA	2	5	11.50	10
20	COLOCHA	2	5	14	10
				193.25 min	168.28 min

De la tabla anterior se puede determinar:

$$\sum \text{TOM} = 193.25 \text{ min} / 20 = 9.6625$$

$$\sum \text{TOM} = 9.6625 \text{ min} / \text{vaca}$$

$$\sum \text{TOT} = 168.28 \text{ min} / 20 = 8.4140 \text{ min}$$

$$\sum \text{TOT} = 8.4140 \text{ min} / \text{vaca}$$

De donde:

$$\sum \text{TOM}; \text{ es el tiempo de ordeño por la mañana.}$$

$$\sum \text{TOT}; \text{ es el tiempo de ordeño por la tarde.}$$

Los datos se demuestran por si solos, se puede ver que el tiempo de ordeño con el sistema automático se redujo en un porcentaje demasiado alto.

Esta es una comparación del tiempo de ordeño manual contra el tiempo de ordeño automático,

$$\text{TOM manual} = 20 \text{ min} \quad \text{TOM automático} = 9.6625 \text{ min}$$

$$\text{TOM manual} = 18 \text{ min} \quad \text{TOM automático} = 8.4140 \text{ min}$$

Calculando en porcentajes

$$9.6625 \text{ min} / 20 \text{ min} * 100\% = 48.31\%$$

$$8.4140 \text{ min} / 18 \text{ min} * 100\% = 46.71\%$$

Cómo se puede observar en los cálculos, el ordeño de la mañana se reduce en un 51.69 por ciento o sea más de la mitad por vaca ordeñada, y el ordeño de la tarde se reduce en un 53.29 por ciento por vaca ordeñada.

Esto es un logro significativo y habría que evaluar otros rubros del proyecto pero se considera que el más notable desde cualquier punto de vista es el tiempo de ordeño.

6.2 Medición del aumento en la producción de leche por vaca promedio

Se ha logrado medir la producción por vaca promedio en San Agustín con un equipo de ordeño y se han tabulado las 20 producciones más significativas con el ordeño automático, cómo se puede observar en la figura IV.

Con el proceso de ordeño manual se obtenía una producción de,

$$\sum \text{POM} = 303 \text{ L} / 20 = 15.15 \text{ L}$$

$$\sum \text{POM} = 15.15 \text{ L.} / \text{ vaca}$$

$$\sum \text{POT} = 148\text{L} / 20 = 7.40 \text{ L.}$$

$$\sum \text{POT} = 7.40 \text{ L} / \text{ vaca}$$

De donde:

$$\sum \text{POM}; \text{ es la producción promedio por la mañana.}$$

Σ POT; es la producción promedio por vaca en el ordeño de la tarde.

Con el ordeño automático tenemos que,

$$\Sigma \text{ POT} = 495 \text{ L} / 20 = 24.76$$

$$\Sigma \text{ POM} = 24.76 \text{ L.} / \text{ vaca}$$

De donde:

Σ POT; es la producción promedio total.

Si se hace un análisis en la producción podemos ver que la producción con el ordeño manual total fue de 22.55 litros mientras que la producción total con el ordeño automático fue de 24.76 litros, de esto se puede decir con certeza que el aumento en producción por vaca promedio fue de 2.21 litros, a un precio de venta de Q3.75 por litro tenemos un aumento de Q8.2875 por vaca que significa que la producción aumento en un 8.93%.

6.3 Medición de la eficiencia general del nuevo sistema

Cómo ya sabemos, la eficiencia es la relación existente entre el vector insumos, cantidad, calidad, espacio y tiempo y el vector productos durante el subproceso estructurado, de conversión de insumos en productos.

Un proceso no puede ser más eficiente que otro hasta que no se compara, es necesario hacer análisis en tiempos, unidades producidas o en cualquier otro rubro cuantificable, para nuestro caso lo haremos con los tiempos de ordeño.

Tabla VIII. Sumatorias de tiempos de ordeño automático

# VACA	NOMBRE	TIEMPO DE ORDEÑO MAÑANA EN MIN	TIEMPO DE ORDEÑO TARDE EN MIN	ΣTE	ΣTE_p
1	MUCA	12.5	12.5	25	25
2	PATIADORA	7.5	7.5	15	25
3	CACHUDA	10	7.5	17.5	25
4	MUQUITA	6	8	14	25
5	NEGRA	10	8	18	25
6	ESMERALDA	13	11	24	25
7	CAMPANA	7	8	15	25
8	TORIBIA	6	7	13	25
9	ENRIQUETA	6	4	10	25
10	LUQUI	6	8	14	25
11	FINITA	9	6	15	25
12	NAVIDAD	12	11.75	23.75	25
13	SINFOROSA	11.25	6.75	18	25
14	COLORADA	7.5	6	13.5	25
15	PRINCESITA	6	6.3	12.3	25
16	CELESTE	11.50	10.75	22.25	25
17	BRIGIDA	13	10	23	25
18	SHAKIRA	13.5	9.23	22.73	25
19	SECA	11.50	10	21.5	25
20	COLOCHA	14	10	24	25
		193.25min	168.28 min	361.53min	500min

Donde:

ΣTE = sumatoria del tiempo estándar

ΣTE_p = sumatoria del tiempo estándar permitido

El tiempo estándar permitido (TE_p) es el que se toma de la actividad más duradera del proceso.

Calculando la eficiencia para el proceso o línea de producción de ordeño manual se tiene:

$$\text{Eficiencia} = E = \frac{\Sigma TE}{\Sigma TE_p}$$

$$\text{Eficiencia} = E = 361.53 / 500 * 100\%$$

$$E = 72.30\%$$

En conclusión se puede decir que se ha aumentado la eficiencia de la planta sin hacer mayor análisis y aun sin adentrar mucho en la estandarización de tiempos de ordeño, en 4.90% lo cual a primera vista se ve que es un gran logro.

6.4 Medición de calidad de la leche con el nuevo sistema

Para poder controlar y medir la calidad de leche se llevaran registros en los cuales se puedan tabular datos y registrar información para el control de la calidad.

Hay que recordar que no se puede controlar la calidad si no existen herramientas con las cuales se puedan medir las características del producto.

6.4.1 Registro de temperatura en el tanque de almacenamiento de leche

Por medio de esta hoja de registro se harán mediciones periódicas de la temperatura de la leche en el tanque de almacenamiento de leche, esto con el fin de ver si la leche se almacena con las normas establecidas de temperatura (Ver anexo 1; registros de temperatura del tanque de almacenamiento).

Según este registro la temperatura recomendable de un primer ordeño debe estar en un rango de 1°C a 4°C, para que su nivel de calidad no disminuya, luego el segundo ordeño y los siguientes se deben mezclar a una temperatura de 10°C, pero luego la temperatura tiene que ser otra vez de 1°C a 4°C.

6.4.2 Registro de sanitización

También se ha diseñado un registro de sanitización, para el proceso de ordeño, esta medida hace que se tengan datos tabulados de todas las operaciones previas al ordeño, también de aquí se pueden sacar conclusiones para ver la calidad del proceso (Ver anexo 2; registro de sanitización).

El ciclo de lavado, es importante antes del ordeño ya que de él depende no solo la calidad de la leche sino también el riesgo de enfermedades de las vacas.

La temperatura del agua también es importante, debe estar dentro de un rango de 35-43°C, para el prelavado, esto para contrarrestar cualquier crecimiento bacterial.

La circulación del agua no debe ser permanente a sino pasar una vez por el tubo de conducción y despachar directamente solo el área de lavado, el agua que se utiliza para el lavado, debe tener una dilución de cloro.

Para el lavado se debe medir el grado de dilución de detergente, y se debe verificar que el nivel de pH (grado de acidez o alcalinidad no sobrepase de 11-11.5, esto se hará con un medidor de pH o un PHmetro.

También se debe verificar la dilución de cloro éste entre los 75-120ppm (Partes por millón), si en dado caso esto no fuera así se debe lavar nuevamente.

También es importante mencionar que el lavado se debe realizar con agua a una temperatura de 71-74°C al inicio y al final con agua a temperatura de 43-50°C, el tiempo de ciclo debe ser de 8-10 min

Dentro de la medición de la calidad de la leche también se tiene contemplado el enjuague con ácido, para el cual se debe revisar la proporción de la dilución del acidó que debe ser entre pH 2.5-3.5.

Se debe enjuagar por un tiempo de 2-5 min Y la temperatura del agua debe estar entre 35-43°C.

También se debe hacer una sanitización antes de cada ordeño con agua a temperatura igual a la que tenga de requerimiento el producto, esto para no hacer variar la temperatura del mismo, esta sanitización antes de cada ordeño debe durar 5 min La cantidad de dilución del sanitizante debe ser 200 ppm de cloro y 25 ppm yodo.

Para todos los ciclos de ordeño se debe realizar una acción limpiadora del sistema y esto se hará revisando la salida de la última leche mínimo con inyecciones fuertes por minuto.

6.4.3 Registro de medicamentos y químicos

La calidad de la leche depende también la salud de los animales un animal sano produce leche de calidad, y es necesario llevar un control cuando el animal es expuesto a tratamiento clínico ya que esto puede afectar la calidad de la leche.

Para ello se llevará un registro de los medicamentos y los químicos aplicados a cada vaca en proceso de ordeño, en esta hoja se anotaran el nombre del producto, el ingrediente del mismo, si es aprobado para el uso de lechería, se anotaran las instrucciones escritas en la etiqueta, uso recomendado o enfermedad que combate, si el embase esta o no en buenas condiciones, la fecha de caducidad y en donde esta almacenado (Ver anexo 3; registro de medicamentos y químicos).

6.4.4 Registro de evaluación de mastitis en el hato y prevención de residuos

Por último podemos decir que un indicador de la calidad de la leche es que las vacas estén a cero mastitis, ya que una mínima cantidad de leche contaminada puede dañar la calidad de la leche extraída.

Un milímetro de leche contaminada con mastitis puede causar el deterioro de todo el contenido del tanque de almacenamiento, para contrarrestar la contaminación de la leche y prevenir la enfermedad se ha diseñado una hoja de control, llamada registro de evaluación de mastitis y prevención de residuos (Ver anexo 4; registro de evaluación de mastitis y prevención de residuos en el hato lechero).

En esta hoja de registro se deben llenar la identificación de la vaca, la fecha de diagnóstico de la infección si esto ocurriera, cuarto afectado o los que halla afectado, medicinas usadas, dosis suministrada, días de tratamiento, días de retiro de la línea de producción, resultados y pruebas de residuos y por ultimo los comentarios.

Los comentarios son de mucha utilidad ya que estos por lo general son llenados por la persona que atendió el animal y pueden servir para ver si en realidad quedaron o no vestigios de la enfermedad.

6.5 Diagramación del nuevo proceso

Las variaciones del proceso de ordeño automático con el manual no deben ser muchas ya que incluso algunas operaciones tienen que desaparecer.

Descripción del proceso de ordeño automático:

El ordeñador ingresa cada vaca al área de ordeño, tomando en consideración el área a que área tiene que ir cada vaca, después la vaca es amarrada adecuadamente y colocada en posición de ordeño, posteriormente la vaca es enrejada, el siguiente paso consiste en lavar y desinfectar la ubre con una solución acida, después se realiza una inspección para ver que no halla quedado suciedad en ninguna teta de la ubre, después se procede a secar la ubre, después se procede a encender el equipo de ordeño, seguidamente se inspecciona el funcionamiento del mismo, si todo esta bien se colocan los succionadores a la ubre de la vaca y se realiza el ordeño, concluido el ordeño se tabulan los tiempos de ordeño y la producción en la hojas de registro, luego se desenreja la vaca y se procede a trasladar la vaca hacia el área de alimentación, por ultimo se limpia el área donde la vaca fue ordeñada.

Figura 8. Diagrama de operaciones para el proceso de ordeño automático

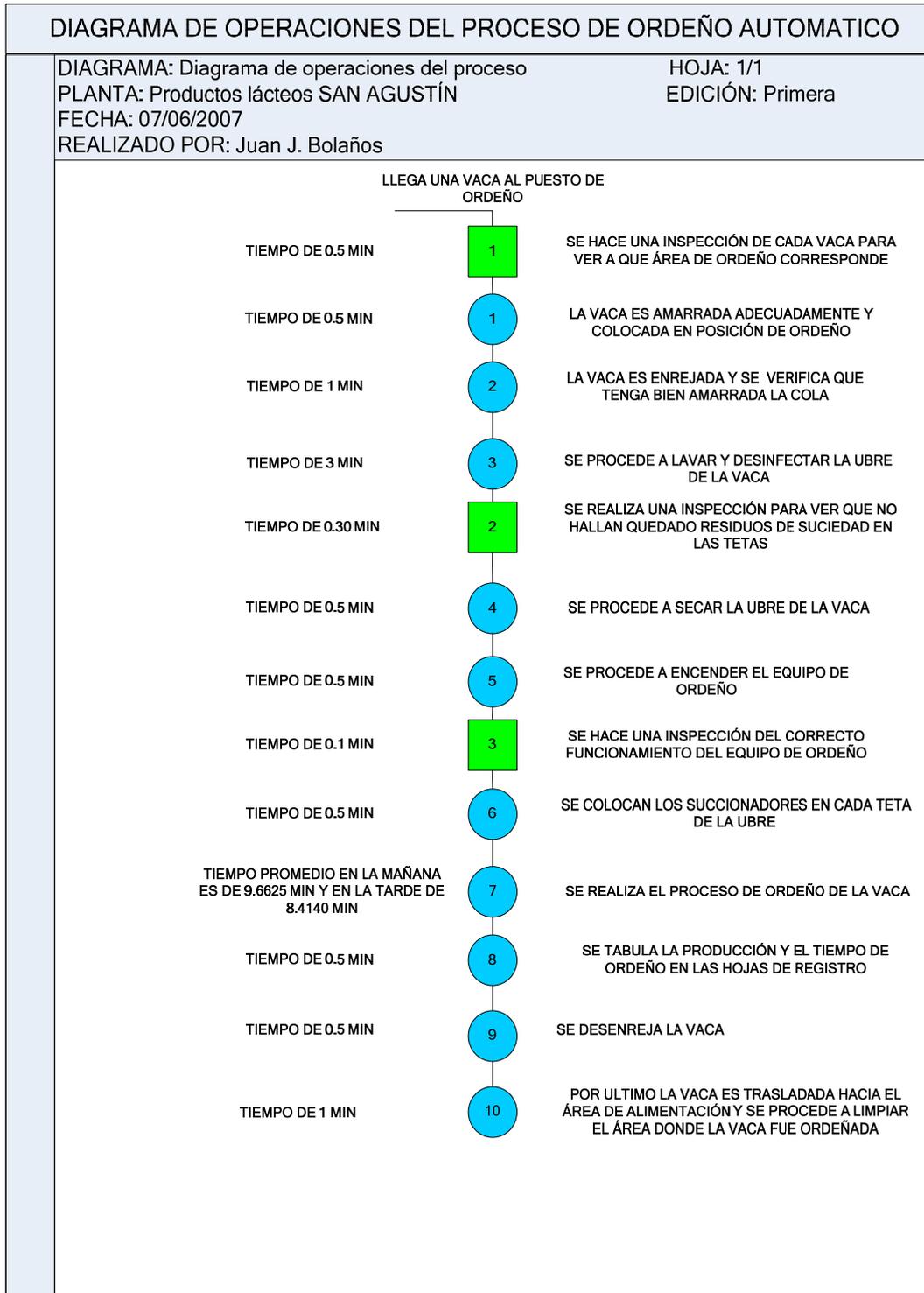


Figura 9. Resumen del diagrama de operaciones para el proceso de ordeño automático

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE ORDEÑO AUTOMÁTICO				
RESUMEN				
DIAGRAMA: Diagrama de operaciones del proceso			HOJA: 2/2	
PLANTA: Productos Lácteos SAN AGUSTÍN			EDICIÓN: Primera	
FECHA: 07/06/2007				
REALIZADO POR: Juan J. Bolaños				
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD	DURACIÓN	COSTO
	OPERACION	10	17.6625 min ORDEÑO EN LA MAÑANA Y DE 16.714 min EN LA TARDE	
	INSPECCION	1	1.3 min	
	OPERACIÓN COMBINADA (OPERACIÓN E INSPECCION)	0	0	
TOTAL			18.9625 min EN LA MAÑANA Y 17.714 min.EN LA TARDE	

El tiempo de total de operación también se reduce con el ordeño automático ya que hay algunas operaciones que se eliminan y por el tiempo de la operación de ordeño el ciclo se reduce.

6.6 Ventajas obtenidas en la planta con el nuevo sistema

Son muchas las ventajas que se obtienen al industrial cualquier proceso y en general al aplicar la ingeniería industrial a los procesos productivos, pero para nuestro caso se puede ver que hay muchos indicadores que pueden dar fe de ello.

Dentro de las ventajas más significativas del proyecto se tiene:

- El tiempo de ordeño es uno de los rubros del proceso manual que mas costo tiene, y con el proceso de ordeño automático se reduce en un 51.99% en la mañana y un 53.29% en la tarde, esto es un ahorro súper significativo ya que en ambos casos representa mas de la mitad del tiempo antes invertido.
- La producción diaria con el ordeño automático fue de 24.76 litros, mientras que con el ordeño manual había sido de 22.55 litros lo cual quiere decir que se logró un aumento en promedio por vaca de 2.21 litros, lo cual significa un aumento de Q 8.2575 por vaca, esto es realmente novedoso porque lograr un aumento en producción así normalmente sería demasiado costoso.
- La eficiencia del proceso también aumento de en un 4.90%, lo que quiere decir que tendremos más productividad ya que producimos mas en menos tiempo, a un menor costo y con una calidad incomparable, estos son indicadores para decir que el proyecto es un éxito.

- Otra de las ventajas que hace que el proyecto sea competitivo es que las vacas en proceso de ordeño corren menos riesgo de enfermedades ya que el ordeñador no tiene contacto directo con el pezón, esto evita riesgos de enfermedad por mastitis, también evita los traumas causados por exceso de presión en la ubre.
- También cabe mencionar que es un logro poder almacenar la leche en un recipiente sin que ésta entre en contacto con la mano del hombre y esté aislada del medio ambiente, esto hace que esta se contamine menos.
- Otra ventaja competitiva del proyecto es que no solo se contara con un establo más limpio y más productivo sino que también se ha contemplado en el proyecto el tema de seguridad e higiene industrial, esto es realmente importante desde el punto de vista de las condiciones laborales.
- Por último cabe mencionar que la estética del nuevo establo del proyecto es algo que aunque no causa mayor utilidad, genera un ambiente de calidad, y puede servir de ventaja competitiva con los clientes y también es un ente de publicidad para la planta.

6.7 Seguimiento de la implementación a través de (formulario de producción diaria por unidad productora y fichas de control de tiempo diario de ordeño)

La única forma de comprobar realmente si nuestro proyecto es funcional es medir los resultados, estos resultados nos reflejarán tanto las unidades producidas como el tiempo y la calidad del producto, así también nos será fácil determinar que tan confiable es el proceso con proyecto.

6.7.1 Formulario de producción diaria

El formulario de producción diaria es una ficha de control donde se tabula la producción de cada vaca durante la mañana y por la tarde, el formulario de producción será llenado por el ordeñador y será una de las tareas básicas del proceso de ordeño.

Figura 10. Formulario de producción diaria.

FORMULARIO DE PRODUCCIÓN DIARIA

FECHA:	ORDEÑADOR:	PROD. TOTAL
--------	------------	-------------

NOMBRE DE LA VACA	PRODUCCIÓN MAÑANA	PRODUCCIÓN TARDE	TOTAL	OBSERVACION
XXXXXXXX	XXXXX	XX	X	X
XXXXXXXX	XXXXX	XX	X	X
XXXXXXXX	XXXXX	XX	X	X

Solo con el formulario de producción diaria podemos tener una idea real del aumento o disminución de la producción de cualquier vaca con el ordeño automático.

6.7.2 Ficha de control de tiempo de ordeño diario

El tiempo de ordeño es otro de los factores que el proyecto debe demostrar haber reducido al mínimo, ya que el éxito del proyecto depende de la reducción de los costos de operación y el tiempo de ordeño es uno de los grandes rubros del costo de operación.

Para la medición del tiempo de producción se utilizara una ficha sencilla pero de fácil operación:

Figura 11. Ficha de control del tiempo de ordeño.

FICHA DE CONTROL DEL TIEMPO DE ORDEÑO

FECHA:	ORDEÑADOR:	TIMPO TOTAL DE ORDEÑO:
--------	------------	------------------------

NOMBRE DE LA VACA	TIEMPO DE ORDEÑO MAÑANA	TIEMPO DE ORDEÑO TARDE	TIEMPO TOTAL	OBSERVACIÓN
XXXX	XXX	X	X	X
XXXX	XXX	X	X	X
XXXX	XXX	X	X	X

CONCLUSIONES

1. La implementación de un sistema de ordeño automático hace que la calidad de la leche aumente, ya que la leche no entra en contacto directo en ningún momento ni con la mano del hombre ni con el medio ambiente. Además al llevar los registros de la temperatura del tanque de almacenamiento, registro de sanitización, registro de medicamentos y químicos, registro de evaluación de mastitis en el hato y prevención de residuos, se logra aumentar la calidad hasta un 90%, esto hace que el hato lechero tenga una gran ventaja competitiva.
2. La mayoría de accidentes y pérdidas de producción en los establos lecheros, se da por la falta de condiciones adecuadas de ordeño y almacenaje de leche. Además influye en ésto la falta de señalización y condiciones de seguridad. Con la implementación del nuevo sistema de ordeño se reducirán al mínimo los riesgos de accidentes y también la posibilidad de pérdidas de producción, los empleados serán quienes manejen los registros y los controles del proceso.
3. Mediante la mecanización del ordeño y el cambio total del diseño del establo se consigue no sólo un proceso de extracción mucho más limpio, sino también más seguro; también se controlan otras características del proceso, tales como el almacenaje de la leche, áreas de lavado, áreas de materiales auxiliares, área de medicamentos y áreas de ordeño bien organizadas respecto a la producción.

4. Mediante el diseño de un programa de control de la calidad se logran mitigar las bajas de producción y las enfermedades del ganado lechero. Un punto fuera del límite inferior en la producción promedio, puede ser indicador de un problema en la vaca, puede incluso indicar una enfermedad en la vaca o ser un indicador del tiempo máximo de ordeño, también por medio de los gráficos de control se estandariza el ordeño.
5. Con la implementación del sistema de ordeño automático se logran prevenir enfermedades. El ordeño manual no sólo contamina la ubre de la vaca sino también causa, en muchos casos, traumas internos en los pezones, en muchos casos las enfermedades como la mastitis se transmiten por medio de las manos de un animal a otro, esto se elimina con la utilización de las pezoneras y con la implementación de lavado por medio de soluciones ácidas y alcalinas.
6. Con la implementación del sistema de ordeño automático se comprobó que se logra un aumento neto de 2.21 litros por vaca, lo que significa un aumento de Q 8.25 por vaca diariamente, éste es un aumento significativo que una lechería común significaría una inversión altamente costosa.
7. Mediante la implementación del ordeño automático los tiempos de ordeño se hacen menos variables, se produce una estandarización más definida y esto hace que la eficiencia aumente, además con la implementación de los gráficos de control, se puede ver cuando un tiempo se sale del límite o si existe una causa asignable, en general con el sistema automático se vio que la eficiencia aumentó en un 4.90% y esto nos hace ser más productivos.

8. Mediante la utilización de hojas de control, cómo las de producción diaria y tiempos de ordeño, se logra saber cuándo una vaca ha llegado a su decrecimiento en producción y necesita ser aislada o eliminada definitivamente del hato lechero.

9. Con la implementación del sistema de ordeño automático se logran ventajas competitivas. Las empresas procesadoras de leche tienen altos controles de calidad y exigen que sus proveedores tengan ordeño automático, esto significa que no sólo se ahorra sino que también se dará una competencia de altura en el mercado.

10. El equipo que más se adecua a las necesidades del proyecto es suministrado por Omega, empresa que radica en Argentina y que tiene un distribuidor en Guatemala este es adaptable a las necesidades del ordeño y además es el de menor costo (Ver figura 21).

RECOMENDACIONES

1. El diseño del área de operaciones del establo, se realice por una persona con experiencia en el tema, que conozca del movimiento de ganado lechero, ya que de la distribución del equipo de ordeño y del recorrido del producto depende en gran parte el éxito del sistema de ordeño automático.
2. La capacitación del personal encargado de tabular los datos en las diferentes hojas de seguimiento de producción y llevar el control de las herramientas estadísticas de producción sea constante, ya que de ello dependerá en gran medida las dediciones a tomar con respecto al proceso.
3. Realizar comparaciones con otros hatos lecheros para ver ventajas y desventajas con la competencia industrializada, esto con el fin de ver posibles mejoras o cambios drásticos en distribución o equipo.
4. Estudio en cuanto a genética de las vacas en producción ya que la calidad del ganado de un hato lechero puede hacer la diferencia en producción y en calidad.
5. Hacer un estudio de la reutilización o posible comercio del producto de los estercoleros, ya que el estiércol de vaca puede ser utilizado cómo abono orgánico en los cultivos, se le puede aplicar alguna técnica de secado y de esta forma poder comercializarlo.

6. El mantenimiento del equipo de ordeño y el seguimiento del plan de mantenimiento preventivo debe ser continuo, los costos por deterioro del equipo de ordeño pueden ser altos si este llegara a fallar definitivamente, se debe contemplar también que los riesgos de cambio de proceso deben ser mínimos o no existir para que la calidad de la leche sea siempre la mejor.

7. Que se haga un estudio de posibles fuentes alternas de alimentación del ganado lechero, un cambio moderado en la dieta de alimentación del ganado lechero puede lograr cambios significativos en producción, una dieta mejorada puede hacer que un animal promedio produzca mucha más leche y con menos costos de alimentación.

8. Que se haga un estudio de biodigestores en la planta para que la energía del estiércol pueda ser utilizada en forma de biogás.

BIBLIOGRAFÍA

1. Evans R. James y Lindsay William. **Administración y control de la calidad**. 4ta. Edición, México: Editorial Internacional Thomson Editores, 2000.
2. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y productividad**. México; Editorial McGraw-Hill, 2001.
3. Hellriegel, Don y Solum W John. **Administración**. 7a. Edición, México: Editorial Internacional Thomson Editores, 1997.
4. ISO 9001:2000. **Sistemas de gestión de la calidad, Requisitos**. Disponible en el sitio web: <http://www.iso.ch>.
5. Juran, J.M, y otros. **Manual del control de la calidad**. España, Editorial McGraw-Hill, 1993.
6. Sagastume Tobar, Luis Salvador. Una alternativa de industrialización de la producción de leche en el valle de Asunción Mita. Tesis (Ingeniero Industrial), Guatemala: USAC. 1981.
7. Smith, Carlos A. y Sergio D. Manzanares. **Control automático de proceso: teoría y práctica**. México: Editorial Limusa, 1991.

8. Solares Rivera, Miguel Arturo. Investigación de las condiciones sanitarias y de manejo en relación con la calidad de la producción Láctea en el departamento de Guatemala. Tesis (Tesis Medico Veterinario y Zootecnista), Guatemala: USAC. 1975.

9. Sandoval de Bartlett, Dora de Jesús. Tecnificación de la producción Láctea de los pequeños productores del departamento de Chiquimula. Tesis (Ingeniero Químico), Guatemala: USAC. 1995.

APÉNDICE

Figura 12. Registro de temperaturas del tanque de almacenamiento de leche

Rango de enfriamiento recomendado	Primer Ordeño	Segundo y subsecuentes ordeños				
	Dentro de 2 horas (1/2 hora preferible) 1°C-4°C	Maxima temperatura cuando se mezclan las leches 10°C Dentro 1 hora (1/2 hora preferiblemente) 1°C-4°C				
Pruebas Mensuales Termometro calibrado		Fecha concluida (v)				
Mes:	Temperatura del tanque de leche					
Dia	Hora del dia					
	Mañana	Inicial	Medio dia	Inicial	Tarde	Inicial
1	Ejemplo 7: 00 Hrs	2°C	14:00 Hrs	2.5°C	20:00 Hrs	3°C
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

Figura 13. Registro de sanitización

Fecha: _____

Ciclo de lavado	Revisión de tareas	Puntos críticos de control	Si (✓)	Acciones correctivas
Pre-lavado	Temperatura del agua	35-43°C	✓	Ninguna
	Secuencia del ciclo	circular una vez y vaciar		
Lavado	Grado de dilución del detergente	pH 11-11.5		
		Cloro 75-120ppm	50ppm	Lavar de nuevo con 75-120ppm
	Temperatura del agua	71-74°C al empezar		
		43-50°C al final		
Tiempo de ciclo	8-10 min.			
Enjuague ácido	Proporción de la dilución de ácido	pH 2.5-3.5		
	Tiempo de ciclo	2-5 min.		
	Temperatura del agua	35-43°C		
Sanitizar	Antes de cada ordeño			
	Temperatura del agua	requerimiento de temperaturas del producto: ___°C		
	Tiempo de ciclo	5 minutos		
	Porcentaje de la dilución del sanitizante	Cloro a 200ppm, Yodo a 25ppm		
Todos los ciclos	Acción limpiadora del sistema	Revisar la última salida de la leche mínimo 2 inyecciones fuertes por minuto		
Lavado del tanque de la leche	Angulo correcto del lavado atomizado			
	Posición correcta del difusor			
	Funcionamiento adecuado del equipo de limpieza del tanque			

Notas especiales: _____

Firma: _____

Figura 16. Factores para gráficos de control

	Gráfico de medias	Gráfico de Rangos	
Tamaño de muestra n	Factor A_2	Factor D_3	Factor D_4
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78

Figura 17. Sala de ordeño industrializada tipo rotativo



Figura 18. Sala de ordeño industrializada de gran producción



Figura 19. Bomba de vacío, ordeño promedio 20 vacas



Figura 20. Equipos de ordeño pequeña producción



Figura 21. Equipo omega adaptable para 16 succionadores utilizado para el proyecto



Figura 22. Salas de ordeño tipo pescado.



FIGURA 23. Sala de ordeño similar a la del proyecto

