

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

OPTIMIZACIÓN Y PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE VEGETALES FRESCOS PARA MEJORAR SU CALIDAD MICROBIOLÓGICA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Mora L., Johanna C.
Para optar al Título
de Ingeniero Químico

Caracas, Enero 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

OPTIMIZACIÓN Y PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE VEGETALES FRESCOS PARA MEJORAR SU CALIDAD MICROBIOLÓGICA

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Armando Vizcaya
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Eliseo Ramírez

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Mora L., Johanna C.
Para optar al Título
de Ingeniero Químico

Caracas, Enero 2006

Caracas, Enero de 2006

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Johanna C. Mora L., titulado:

“Optimización y Propuesta de Automatización del Proceso de Lavado de Vegetales Frescos Para Mejorar su Calidad Microbiológica”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Químico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Alejandra Meza
Jurado

Prof. Johnny Vásquez
Jurado

Prof. Armando Vizcaya
Tutor Académico

Ing. Eliseo Ramírez
Tutor Industrial

*Dedicado a mis padres y a mis hermanos
porque ellos han sido mi soporte aún cuando yo no estuve
allí para ellos*

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer antes que nada a Dios y a mis padres Flor León de Mora y Angel Omero Mora Rojas, porque gracias a ellos estoy aquí culminando una de las metas más importantes para mí hasta hoy.

Darle las gracias a mi amiga Yenia Oscarina Ochoa Rodríguez, porque un día me dio el ánimo de seguir buscando mi futuro y por eso llegué a lo que deseaba la Facultad de Ingeniería, además por todos lo que hemos compartido estos años, porque hemos sido compañeras de vida.

A mis hermanos Miguel Angel Mora y Angel Mora por todo su apoyo, por las palabras de aliento y por los momentos que me hicieron sentir que no estaba sola.

A mi tutor académico el profesor Armando Vizcaya por apoyarme en este proyecto y llevarme de la mano cuando no sabía qué hacer y por toda su disposición.

Al profesor Francisco Yanéz por confiarme el laboratorio de fisicoquímica y por darme todo el apoyo que necesitaba para hacer las pruebas de mi proyecto.

A mi tutor industrial el ing. Eliseo Ramírez, porque confió en mí y me dio el soporte que necesitaba para realizar las evaluaciones dentro de la empresa.

Al profesor Nelson Mata por su orientación y por estar allí para responder mis inquietudes.

Al sr. Roger y José Castro quienes colaboraron cuando necesité alguna información sobre la configuración de la planta.

A Miguelino Montiel por su participación durante la realización de las pruebas pilotos.

Al equipo de control de calidad de Productos Alimenticios Kelly's por su colaboración para la realización de las evaluaciones necesarias.

Al ing. Fabiola Ramírez quien me planteó la problemática de la empresa y confió en que yo podría darles una respuesta.

A la empresa Productos Alimenticios Kelly's por brindarme la oportunidad de conocer su proceso y de plantearles soluciones.

Mora L., Johanna C.

OPTIMIZACIÓN Y PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE VEGETALES FRESCOS PARA MEJORAR SU CALIDAD MICROBIOLÓGICA

**Tutor Académico: Prof. Armando Vizcaya. Tutor Industrial: Ing. Eliseo
Ramírez. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería
Química. Año 2006, 164 p.**

Palabras Claves: Vegetales Mínimamente Procesados, Lavado de Vegetales, Clorito
de Sodio Acidificado, Ácido Peracético.

Resumen

Los vegetales frescos o mínimamente procesados son aquellos que han sido sometidos a una serie de operaciones unitarias como: pelado, cortado, lavado, entre otras, donde dichas operaciones no deben modificar su frescura. Productos Alimenticios Kelly's es una empresa que procesa ensaladas y vegetales listos para consumir, los cuales se incluyen en el reglón de los vegetales frescos. Actualmente esta empresa presenta oscilaciones en la calidad microbiológica de sus productos, la cual se refiere a la inocuidad de los vegetales y a la presencia del nivel mínimo de microorganismos causantes del deterioro de los mismos. Para resolver este problema se planteó en este proyecto realizar una evaluación completa del proceso de lavado de los vegetales, debido a que ésta es la etapa determinante para la reducción de los microorganismos patógenos y causantes del deterioro. Por otro lado, en la búsqueda de la optimización de la etapa de lavado se evaluaron las siguientes sustancias desinfectantes: clorito de sodio acidificado y el ácido peracético, a fin de determinar si éstas pueden ser más eficientes que el agente antimicrobiano utilizado actualmente, el hipoclorito de calcio. Adicionalmente considerando que uno de los problemas del proceso de lavado es la forma manual como se realiza la dosificación de agentes desinfectantes, se realizó la propuesta de automatización de esta operación, a fin de garantizar los niveles de desinfección óptimos y permitir el correcto monitoreo y registro de los datos correspondientes al control de la dosificación, proponiendo para ello como principal tecnología un controlador lógico programable. Para el alcance de la optimización del lavado se había planteado realizar la puesta en marcha y evaluación en funcionamiento de un equipo mecánico para obtener un lavado en varias etapas, pero por problemas de importación de equipos y cambios en el diseño de los mismos, no se pudo alcanzar este objetivo. Los resultados de este proyecto incluyen la propuesta de mejoras en la configuración del sistema de lavado a fines de lograr su optimización, la determinación preliminar del clorito de sodio acidificado y el ácido peracético como mejores agentes desinfectantes que el hipoclorito de calcio y el planteamiento de la automatización con tres cotizaciones de tecnologías evaluadas.

ÍNDICE GENERAL

	página
INTRODUCCIÓN.....	18
CAPÍTULO I	
FUNDAMENTOS	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.2 OBJETIVOS.....	23
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1 VEGETALES FRESCOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS VEGETALES LISTOS PARA CONSUMIR.....	24
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURACIÓN DE LOS VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN PRODUCTOS KELLY'S.....	27
2.2.1 Limpieza y Selección.....	27
2.2.2 Prelavado.....	27
2.2.3 Cortado de los Vegetales.....	28
2.2.4 Lavado.....	28
2.2.5 Centrifugado o Secado.....	29
2.2.6 Empacado y pesado.....	29
2.2.7 Almacenamiento del Producto Terminado.....	30
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS KELLY'S ACTUAL.....	31
2.3 LA MICROBIOLOGÍA DE LOS VEGETALES FRESCOS.....	34
2.3.1 Listeria monocitógenes.....	35
2.3.2 Escherichia coli O157:H7.....	35
2.3.3 Salmonella.....	35

2.4 MÉTODOS GENERALES DE ANÁLISIS	
MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS.....	36
2.4.1 Principios de garantía de la calidad microbiológica de los alimentos.....	37
2.4.2 Utilización de los microorganismos como marcadores.....	38
2.5 MÉTODOS PARA REDUCIR O ELIMINAR PATÓGENOS EN VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS.....	39
2.5.1 Cloro (hipoclorito).....	40
2.5.2 Ácido Peroxiacético.....	44
2.5.3 Clorito de Sodio Acidificado.....	45
2.6 POTENCIAL DE OXIDO-REDUCCIÓN - PARÁMETRO PARA EL MONITOREO DE LA DESINFECCIÓN DE LOS VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS.....	47
2.7 NORMATIVA PARA LA EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LOS ALIMENTOS EN VENEZUELA...	49
2.8 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS.....	50
2.8.1 Etapas de la Automatización.....	50
2.8.2 Filosofías de Control.....	51
2.8.3 Controladores Lógicos Programables (PLCs).....	52
2.8.3.1 Rack Principal.....	53
2.8.3.2 Fuente de alimentación.....	53
2.8.3.3 CPU.....	54
2.8.3.4 Tarjetas entradas/salidas digitales.....	54
2.8.3.5 Tarjetas entradas/salidas analógicas.....	54
2.8.3.6 Sistemas SCADA – MMI.....	55

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 REALIZACIÓN DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA NECESARIA PARA LLEVAR A CABO EL PROYECTO.....	57
3.2 DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS.....	58
3.3 EVALUACIÓN DE CADA UNA DE LAS OPERACIONES A LAS QUE SE SOMETEN LOS VEGETALES EN LA PLANTA...	60
3.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE LAVADO.....	60
3.5 INCORPORACIÓN DE LAS NUEVAS ETAPAS DE LAVADO.....	61
3.5.1 Evaluación de las Nuevas Sustancias Desinfectantes	61
3.6 EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO A TRAVÉS DEL PLC O UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN.....	62

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

SECCIÓN DE RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DEL LAVADO

4.1 SISTEMA DE LAVADO DE LOS VEGETALES EN EL PROCESO DE PRODUCTOS KELLY´S.....	64
4.1.1 Prelavado por Inmersión.....	64
4.1.2 Lavado en el Sistema de Canal con Reciclo.....	65
4.1.2.1 Condiciones de los Equipos del Sistema de la Canal de Lavado.....	65
4.1.2.2 Evaluación del Agua de Reciclo.....	67
4.1.2.3 Evaluación del equipo de Clorinador Strantrol.....	71

4.1.2.3.1 Deficiencias técnicas.....	71
4.1.2.3.2 Fallas Técnicas.....	74
4.1.2.4 Evaluación de la Dosificación Manual que se Realiza Actualmente.....	76
SECCIÓN DE RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LAS SUSTANCIAS DESINFECTANTES PROPUESTAS	
4.2 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE NUEVAS SUSTANCIAS PARA DESINFECTAR LOS VEGETALES.....	78
4.2.1 Pruebas Piloto del Lavado de la Lechuga a Cuadros.....	84
4.2.2 Pruebas Piloto del Procesamiento de la Ensalada de Repollo Blanco Repollo Morado y Zanahoria.....	88
4.2.3 Pruebas Piloto del Procesamiento de la Ensalada de Lechuga Romana – Lechuga Americana – Radiquio y Zanahoria.....	92
4.2.4 Pruebas Sensoriales Efectuadas en Todos los Productos Evaluados en las Pruebas Pilotos.....	95
4.3 ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO NO RELACIONADAS CON LA DESINFECCIÓN DE LOS VEGETALES.....	101
4.3.1 Recepción de la Materia Prima.....	102
4.3.2 Almacenamiento de la Materia Prima.....	102
4.4 EL PROYECTO FUTURO DE LAS NUEVAS ETAPAS DE LAVADO.....	103
4.4.1 Descripción del Equipo Mecánico para las Nuevas Etapas.....	103
4.4.2 Layout Propuesto para el Equipo de las Nuevas Etapas.....	105

SECCIÓN DE RESULTADOS PARA LA	
AUTOMATIZACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DEL LAVADO	
4.5 AUTOMATIZACIÓN DE DOSIFICACIÓN DEL LAVADO Y ESTRATEGIAS DE CONTROL.....	107
4.6 ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL PROCESO DE LAVADO.....	111
4.7 SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO PARA EL LAVADO.....	116
DTI para la Etapa de Lavado Actual.....	117
4.8 CARACTERÍSTICAS DE LAS TECNOLOGÍAS PROPUESTAS PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE LAVADO.....	119
4.8.1 Controlador Lógico Programable.....	119
4.8.2 Equipos de Control Medidores Dosificadores.....	120
4.9 INSTRUMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO.....	121
4.10 ESPECIFICACIONES DEL PLC.....	122
4.10.1 Requerimientos de Interfase y Comunicación.....	124
4.11 COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE LAS TECNOLOGÍAS PLANTEADAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....	125
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES.....	128
RECOMENDACIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	131
CAPÍTULO VI	
ANEXOS	
ANEXO N° 1: Glosario.....	136

ANEXO N° 2: Cronograma del Muestreo para el Análisis Microbiológico.....	138
ANEXO N° 3: Método para la Realización de Análisis Microbiológicos en los Vegetales.....	140
ANEXO N° 4: Método para la Realización de Análisis Microbiológicos en Muestras de Agua de Proceso.....	144
ANEXO N° 5: Procedimiento Corregido.....	145
ANEXO N° 6: Curvas de Relación Entre la Concentración del Ácido Peracético y Peróxido de Hidrógeno con la Concentración de Oxonia.....	152
ANEXO N° 7: OXONIA ACTIVO.....	153
ANEXO N° 8: OXONET.....	157
ANEXO N° 9: Hoja de Evaluación Sensorial de las Muestras de Lechuga Americana Cortada a Cuadros.....	160
ANEXO N° 10: Hoja de Evaluación Sensorial de las Muestras de la Ensalada Constituida por Repollo Blanco y Morado y Zanahoria.....	161
ANEXO N° 11: Hoja de Evaluación Sensorial de las Muestras de la Ensalada Constituida por Lechuga Americana Romana Zanahoria y Radiquio.....	162
ANEXO N° 12: Cálculo Tipo de las Bombas Centrífugas.....	163
ANEXO N° 13: Layout de la Sección de la Planta N° 1.....	168
ANEXO N° 14: DFP Nuevas Etapas Incluidas.....	170
ANEXO N° 15: Hoja de Descripción de la Estrategia de Control del pH.....	174
ANEXO N° 16: Hoja de Descripción de la Estrategia de Control del ORP.....	175
ANEXO N° 17: Prueba en Escalón.....	176

ANEXO N° 18: Resultados de la Simulación a Lazo Cerrado del Control de la Variable ORP sin Considerar el Proceso de Lavado...	177
ANEXO N° 19: DTI de Secciones de Lavado Incluidas las Nuevas Etapas.....	180

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura N° 1: Diagrama de Bloques Típico de las Actividades Realizadas para Procesar Vegetales Frescos.....	26
Figura N° 2: Etapa actual de prelavado de los vegetales.....	65
Figura N° 3: Zaranda vibratoria y tanque de recepción de la solución de lavado al final de la canal de lavado.....	66
Figura N° 4: Equipo Clorinador de Dosificación que posee actualmente la empresa.....	71
Figura N° 5: Productos evaluados en las pruebas para determinar la eficiencia del clorito de sodio y del ácido peracético.....	81
Figura N° 6: Diagrama de bloques de las operaciones realizadas en las pruebas piloto para la lechuga americana.....	84
Figura N° 7: Diagrama de bloques de las operaciones realizadas en las pruebas piloto para la ensalada de repollo blanco-morado y zanahoria.....	88
Figura N° 8: Diagrama de bloques de las operaciones realizadas en las pruebas piloto para la ensalada de lechuga americana y romana, radiquio y zanahoria.....	92
Figura N° 9: Equipo Mecánico a ser instalado en el proyecto futuro de las nuevas etapas.....	103
Figura N° 10: Sección transversal de la canal de lavado y sección óptima recomendada para canales hidráulicas.....	105
Figura N° 11: Diagrama de los lazos de control feedback del sistema de dosificación para el lavado.....	108
Figura N° 12: Diagramas de bloques de los lazos de control feedback para el proceso de lavado.....	110
Figura N° 13: Sección de la canal de lavado constituida por el tanque cilíndrico, la canal y el tanque de la zaranda.....	115

Figura N° 14: PLC propuesto para la automatización de la dosificación del lavado.....	119
Figura N° 15: Equipos medidores controladores para pH, ORP y concentración de cloro total de Prominent.....	120
Figura N° 16: Autoclave utilizada para esterilizar material de laboratorio.....	143
Figura N° 17: Contador de colonias Québec.....	143
Figura N° 18: Placa de Petrifilm.....	143
Figura N° 19: Curva Característica de una Prueba en Escalón.....	176
Figura N° 20: Lazos de control en Simulink para el control del ORP fuera de proceso.....	177
Figura N° 21: Parámetros de modelo POMTM calculados en base a la Gráfica A.....	178

LISTA DE GRÁFICAS

	página
Gráfica N° 1: Dependencia del pH de la concentración del ácido cloroso (HClO_2) y el ión clorito (ClO_2^-).....	46
Gráfica N° 2: Evaluación de la diferencia en los valores de ORP determinados por el sensor del clorinador y un medidor portátil.....	73
Gráfica N° 3: Evaluación del sensor de ORP del clorinador.....	74
Gráfica N° 4: Evaluación del sensor de pH del clorinador a través de la toma de muestras en la capsula de muestreo del equipo clorinador.....	75
Gráfica N° 5: Comportamiento del pH durante el proceso dosificado por operarios.....	76
Gráfica N° 6: Trazabilidad de la variable ORP durante el proceso dosificando por medio de operarios.....	77
Gráfica N° 7: Relación Concentración de Oxonet - Concentración de Clorito de Sodio con una solución inestable.....	79
Gráfica N° 8: Relación Concentración de Oxonet - Concentración de Clorito de Sodio.....	80
Gráfica N° 9: Dependencia del Potencial de Oxido Reducción del pH	109
Gráfica N° 10: Variación del ORP durante proceso frente a una simulación de cambio en escalón.....	111
Gráfica N° 11: Comportamiento de la variable ORP frente a una dosificación de hipoclorito cuando no se está realizando el lavado.....	112
Gráfica N° 12: Comportamiento del pH ante una dosificación de ácido cítrico en la canal de lavado fuera de proceso.....	114
Gráfica N° 13: Relación Concentración de Oxonia - Concentración de ácido peracético obtenida por medio de las curvas de titulación.....	152
Gráfica N° 14: Relación Concentración de Peróxido de Hidrógeno Concentración de Oxonia.....	152
Gráfica N° 15: Respuesta del lazo de control con un controlador P en Simulink.....	179

LISTA DE TABLAS

	página
Tabla N° 1: Concentraciones de cloro total disponible usadas para Sanitización poscosecha.....	41
Tabla N° 2: Efecto del pH y la temperatura en el porcentaje de cloro como ácido hipocloroso (HOCl).....	42
Tabla N° 3: Resultados microbiológicos y parámetros determinados el día de muestreo N° 1.....	68
Tabla N° 4: Resultados microbiológicos y parámetros determinados el día de muestreo N° 2.....	69
Tabla N° 5: Resultados microbiológicos y parámetros determinados el día de muestreo N° 3.....	70
Tabla N° 6: Conteo Microbiano Total de la Lechuga Americana Antes del Lavado.....	85
Tabla N° 7: Conteo Microbiano Total y Unidades de Reducción de Conteo Microbiano (URCM) de la Lechuga Americana Después de Procesada.....	86
Tabla N° 8: Características de la eficiencia de las etapas de lavado actuales expresadas en términos de unidades de reducción de conteo microbiano (URCM).....	86
Tabla N° 9: Conteo Microbiano Total de la mezcla de Repollo Blanco -Repollo Morado - Zanahoria Antes del Lavado.....	89
Tabla N° 10: Conteo Microbiano Total y Unidades de Reducción de Conteo Microbiano (URCM) de la Mezcla de Repollo Blanco - Repollo Morado - Zanahoria Después de Procesada.....	90
Tabla N° 11: Características de la eficiencia de las etapas de lavado actuales expresadas en términos de unidades de reducción de conteo microbiano (URCM).....	90

Tabla N° 12: Conteo Microbiano Total de la Mezcla de Lechuga Americana –Lechuga Romana – Zanahoria- Radiquio Antes del Lavado.....	93
Tabla N° 13: Conteo Microbiano Total y Unidades de Reducción de Conteo Microbiano (URCM) de la Mezcla de Lechuga Americana –Lechuga Romana Zanahoria- Radiquio Después de Procesada.....	94
Tabla N° 14: Características de la eficiencia de las etapas de lavado actuales expresadas en términos de unidades de reducción de conteo microbiano (URCM).....	94
Tabla N° 15: Resultados de las Evaluaciones Sensoriales realizadas a la Lechuga Americana a Cuadros después de 8 días de almacenamiento.....	96
Tabla N° 16: Resultados de las Evaluaciones Sensoriales realizadas a la ensalada de repollo blanco-morado y zanahoria después de 11 días de almacenamiento.....	98
Tabla N° 17: Resultados de las Evaluaciones Sensoriales realizadas a las ensaladas de lechuga americana-romana zanahoria y radiquio después de 8 días de almacenamiento.....	100
Tabla N° 18: Instrumentación básica para el nuevo sistema de control.....	122
Tabla N° 19: Instrumentación y tipo de señal al PLC.....	123
Tabla N° 20: Datos para seleccionar el PLC.....	124
Tabla N° 21: Costo de inversión para la instrumentación del sistema de control propuesto.....	125
Tabla N° 22: Costo de los equipos planteados para la automatización y estimados de costo de instalación.....	126

INTRODUCCIÓN

Productos Alimenticios Kelly's es una empresa que elabora ensaladas preempacadas y vegetales frescos, los cuales son productos que se incluyen entre los denominados vegetales mínimamente procesados debido a que conservan sus características de frescura, luego de los tratamientos que se le realizan durante su procesamiento. Este tipo de producto está caracterizado principalmente por la calidad microbiológica, la cual se refiere a la inocuidad del vegetal y al nivel de carga microbiana causante de su deterioro. Para obtener un producto óptimo desde este punto de vista es necesario contar con una buena materia prima, buenas prácticas de fabricación y un eficaz proceso de lavado o desinfección del vegetal, puesto que es esta la etapa del proceso responsable del alcance de la calidad microbiológica óptima, siempre que se cuente también con los factores mencionados anteriormente.

El proceso de lavado que se lleva a cabo en Productos Kelly's no está produciendo resultados óptimos, debido a que no se logra la reducción adecuada de la carga microbiana deteriorativa, poniendo en riesgo, además, la inocuidad del vegetal, al no tener los niveles recomendados de los microorganismos indicadores de una óptima desinfección. Por esta razón esta empresa requiere de la elaboración de una evaluación objetiva de su proceso de lavado y de producción en general, a fin de determinar cuáles son los puntos a modificar para alcanzar los altos niveles de calidad microbiológica deseados.

En este proyecto se plantea la optimización y automatización del proceso de lavado, debido a que se consideró que es el lavado el principal factor que genera la situación actual de la calidad microbiológica de los vegetales procesados en Productos Kelly's. Además, la empresa planteó la optimización del lavado mediante la adición de otras etapas más eficientes, pero este plan no se llevó a cabo durante la realización del presente proyecto, debido a problemas de importación de equipos mecánicos y cambios en el diseño de la constitución de dichas etapas. Sin embargo, en función de la adición de etapas del proceso de lavado, se evaluaron nuevas sustancias desinfectantes para ser empleadas tanto en las futuras como en la actual etapa de lavado, puesto que el desinfectante que se está utilizando es una sustancia

que genera compuestos irritantes de las mucosas y por tanto produce efectos negativos en los trabajadores.

Con el fin de lograr la optimización del lavado, la metodología del proyecto contempló un diagnóstico del actual sistema de lavado y de dosificación de desinfectantes y la determinación de la eficiencia del proceso de lavado actual. Esta eficiencia se basó en la evaluación de la disminución de la carga microbiana y permitió la comparación con la eficiencia de las sustancias desinfectantes que fueron evaluadas en este trabajo (clorito de sodio acidificado y ácido peracético). Respecto a las nuevas sustancias desinfectantes, se realizaron evaluaciones en escala piloto determinando la reducción en la carga microbiana en los principales productos de la empresa, considerando además los efectos de estas sustancias en las propiedades organolépticas de los vegetales.

Finalmente para la propuesta de automatización se diseñó la estrategia de control y se determinaron los costos de la adquisición de un nuevo sistema de control, incluyendo como principal tecnología para utilizar en la automatización un controlador lógico programable (PLC). Estos costos junto con las prestaciones de la tecnología propuesta se presentan para el análisis de la factibilidad de la automatización.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

En este capítulo se realiza la descripción del problema planteado en este trabajo y se definen los alcances del mismo a través de los objetivos generales y específicos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de vegetales frescos y ensaladas preparadas, listas para servir, se ha incrementado en los últimos años, debido a que los consumidores han tomado conciencia de la necesidad de incorporar el consumo de vegetales y frutas frescas en su dieta, además de la inclusión de este tipo de alimento en los sitios de comida rápida. Sin embargo, debido a que los vegetales frescos constituyen también una fuente adecuada de nutrientes para el crecimiento de microorganismos como: bacterias aerobias mesófilas, *Escherichia coli*, *Listeria monocitogenes* y *Salmonella*, actualmente existe la preocupación de que la presencia de algunos de estos microorganismos signifiquen un riesgo para la salud pública ⁽¹⁾.

Los vegetales frescos o mínimamente procesados son sometidos a un tratamiento que incluye operaciones como: pelado, cortado, rebanado, lavado y desinfección con agentes químicos y cualquier otra que no altere la calidad y frescura del vegetal. El procesamiento mínimo al que se someten dichos vegetales tiene los siguientes propósitos: primero, mantener el producto fresco, sin pérdidas de la calidad nutricional; segundo, aumentar su vida útil y tercero, garantizar la inocuidad de estos productos que se venden listos para consumir ⁽²⁾.

Dentro del procesamiento de los vegetales frescos la fase de lavado o desinfección es vital, ya que no sólo permite asegurar que no haya patógenos en el vegetal, o al menos exista el nivel mínimo recomendado, sino que además permite la eliminación de todos los microorganismos que puedan afectar la durabilidad y calidad del producto. Por lo tanto, una fase de desinfección óptima permitirá obtener un vegetal que cumpla con las especificaciones de durabilidad necesarias y garantizará un producto inocuo.

La empresa Productos Kelly's se dedica a la manufacturación de ensaladas preempacadas y otros productos que se incluyen en los vegetales mínimamente procesados, para ello posee una integración vertical que va desde la cosecha hasta la obtención y distribución de los vegetales listos para consumir. En Productos Kelly's la obtención de un vegetal de alta calidad requiere de un sistema integrado, el cual consta desde la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas, las Buenas Prácticas de Fabricación, Almacenamiento y Transporte de Alimentos para el Consumo Humano, hasta el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).

Actualmente Productos Kelly's posee un sistema de lavado que sólo le permite alcanzar los niveles límites de microorganismos causantes de deterioro de los vegetales y de microorganismos patógenos indicadores, establecidos en las pautas microbiológicas. Esto se debe a que las características de su proceso no están garantizando la obtención de resultados óptimos en la eliminación de la carga microbiológica causante del deterioro de los vegetales, es decir, que los vegetales se pueden descomponer antes del cumplimiento del tiempo estimado de durabilidad y también está en riesgo la inocuidad del producto. Adicionalmente, la variabilidad de los niveles de desinfección alcanzados hace necesario la realización de pruebas de carga microbiológica con una frecuencia mayor, lo cual acarrea mayores costos de producción.

Entre los posibles factores que están influyendo en la variabilidad de la calidad microbiológica de los vegetales, se estiman los siguientes: un ineficiente sistema de dosificación de agentes desinfectantes o características intrínsecas del proceso de lavado, como pueden ser una carga microbiana inicial muy alta o deficiencia del desinfectante utilizado.

La situación planteada llevó a la realización de una evaluación de la sección de lavado y de una propuesta de automatización de la dosificación en la misma, pero además, también hizo que se contemplara la búsqueda de nuevas sustancias desinfectantes más eficientes y la adición de etapas de lavado que permitan optimizar el proceso.

1.2 OBJETIVOS

A continuación se presentan los objetivos planteados en este proyecto.

1.2.1 Objetivo general

Optimizar y proponer la automatización del proceso de lavado de los vegetales frescos, elaborados en la empresa Productos Kelly's, a fin de mejorar su calidad e inocuidad.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el actual sistema de lavado que constituye el proceso.
- Evaluar el desempeño del actual sistema de dosificación de la etapa de lavado.
- Evaluar, instalar y poner en marcha el equipo mecánico destinado a las nuevas etapas del proceso de lavado.
- Evaluar nuevas sustancias para ser utilizadas en la desinfección de los vegetales.
- Realizar el análisis de los resultados microbiológicos, en función del contenido de agentes bacterianos indicadores, a fin de establecer la efectividad del proceso de desinfección de los vegetales una vez instaladas las nuevas etapas de lavado.
- Realizar el análisis de riesgos de las nuevas etapas de lavado utilizando la metodología de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (sistema HACCP).
- Evaluar la factibilidad de automatización del proceso de lavado de los vegetales tomando como alternativas para la automatización un controlador lógico programable (PLC) y un equipo dosificador de los agentes desinfectantes utilizados en el lavado.
- Realizar la evaluación económica y de las prestaciones de las opciones para la automatización del lavado, para determinar cual alternativa es viable económica y técnicamente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el marco teórico que enmarca los conceptos que fueron considerados para desarrollar este proyecto, estos se encuentran divididos en dos secciones: la primera engloba los aspectos de definición y procesamiento de los vegetales mínimamente procesados y su calidad microbiológica, y la segunda presenta la importancia de la automatización y los controladores lógicos programables como tecnología disponible para desarrollarla. Para complementar algunos conceptos se presenta en la sección de anexos un glosario de términos (Ver el Anexo N° 1).

2.1 VEGETALES FRESCOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS O VEGETALES LISTOS PARA CONSUMIR

Las frutas y vegetales frescos son aquellos productos que normalmente se venden listos para ser consumidos y se encuentran en su estado natural o con un mínimo de procesamiento, el cual incluye operaciones como: pelado, cortado, rebanado, lavado y/o desinfección con agentes químicos o radiación y cualquier otra operación que no altere la calidad y frescura de los vegetales ⁽²⁾. Los vegetales frescos también son conocidos como productos refrigerados mínimamente procesados, los cuales se diferencian de los productos congelados en las temperaturas de transporte y almacenamiento, ya que los productos congelados deben estar a temperaturas de -10°C o menos, en cambio los productos refrigerados utilizan temperaturas ligeramente mayores y que dependen del tipo de vegetal ⁽³⁾. Por otro lado, también se consideran frutas y vegetales frescos a aquellos productos "recién cortados", como las mezclas de ensaladas que se venden listas para comer ⁽⁴⁾.

La calidad de los vegetales mínimamente procesados está dada por una combinación de atributos o factores de calidad que incluyen apariencia visual, textura, sabor, valor nutritivo e inocuidad. Dicha calidad dependerá en gran medida de la calidad original del vegetal, del método de elaboración y de las condiciones de manejo posteriores, por lo cual el mejoramiento de la calidad de

vegetales mínimamente procesados puede lograrse a través de la optimización de una fase del procesamiento como es la operación de lavado o desinfección ⁽⁵⁾.

La extensión de la vida útil de los vegetales mínimamente procesados debe ser al menos de siete (7) días, pero preferiblemente hasta veinte y uno (21) días a temperaturas de refrigeración, siendo el caso ideal que el producto luzca como un producto fresco aparentemente sin procesar ⁽²⁾. Aunque, la posibilidad de extender la vida útil de vegetales que durante su procesamiento han sido cortados, pelados o rebanados, afronta dos problemas básicos, primero, el tejido vegetal es un tejido que vive, respira, y en el cual ocurren muchas reacciones como: deshidratación, oxidación, elevada velocidad de respiración y actividad enzimática, las cuales pueden conducir al rápido envejecimiento o deterioro en la calidad del vegetal; segundo, la posibilidad de desarrollo microbiano es mayor, ya que hay más superficie expuesta y presencia de jugos celulares. Por tal motivo, la proliferación microbiológica, tanto alterante como patógena, debe ser minimizada y retardada durante el procesamiento de los vegetales, para esto, es necesario cumplir con las denominadas Buenas Prácticas Agrícolas, durante el desarrollo del vegetal en el campo, combinadas con aceptables métodos higiénicos durante la recolección, procesamiento, envasado, transporte y distribución, que podrían englobarse en las llamadas Buenas Prácticas de Fabricación y el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control ⁽⁵⁾.

La guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en las frutas y vegetales frescos, recomienda prevenir la contaminación antes que tomar medidas correctivas una vez que ocurre. Sin embargo, el uso de compuestos químicos antimicrobianos en el agua de procesamiento ayuda a reducir la acumulación de microorganismos en este medio, y en la superficie de las frutas y vegetales, por lo que dichos desinfectantes dan cierta seguridad al reducir en la contaminación microbiana ⁽⁴⁾.

En la Figura N° 1 se presenta un diagrama de bloques con la secuencia de operaciones unitarias a las que comúnmente se someten los vegetales mínimamente procesados en la industria.

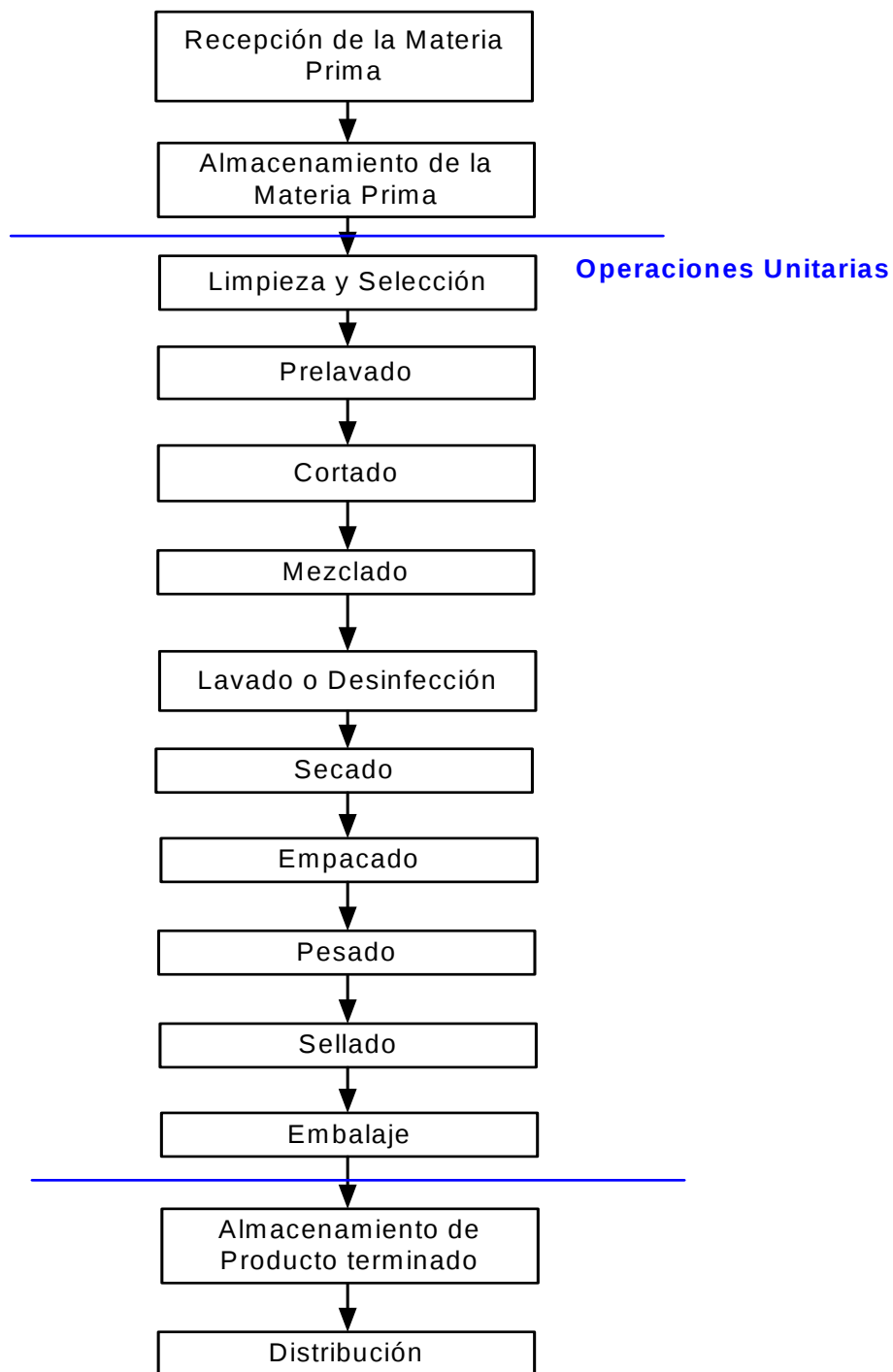


Figura N° 1: Diagrama de Bloques Típico de las Actividades Realizadas para Procesar Vegetales Frescos

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURACIÓN DE LOS VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN PRODUCTOS KELLY'S

Las operaciones unitarias que constituyen el proceso de manufacturación de las vegetales mínimamente procesados serán explicadas en los párrafos siguientes en función de la descripción del diagrama de flujo que se presenta al final de la sección. Esta descripción del proceso corresponde al tratamiento que se le da a uno de los principales productos: la lechuga.

2.2.1 Limpieza y Selección

Una vez pesada la materia prima en el almacén, es llevada a la zona de limpieza y selección, en la cual comienzan las operaciones de planta. Esta área se encuentra bajo una temperatura de 7- 12 °C, allí el vegetal es colocado en la tolva de alimentación B-101, la cual permite descargar la materia prima en el elevador, haciendo que los vegetales pasen hacia la mesa de selección y limpieza Se-101. Dicha mesa posee una banda, donde se encuentra un grupo de 8 personas, distribuidas a ambos lados de la línea, las cuales tienen como objetivo principal retirar las hojas más externas y partes de la lechuga que se encuentran en mal estado, así como también descorazonarlas haciéndole dos cortes, para posteriormente depositarlas en cestas. Los desechos producidos en esta sección son transportados, a través de las bandas X-101 y X-102, hacia el ducto principal de desechos orgánicos.

2.2.2 Prelavado

La lechuga ya seleccionada es llevada por un operario al tanque de prelavado T101, donde se lleva a cabo una primera limpieza del producto a través de la inmersión de los vegetales en dicho tanque, donde se ha adicionado ácido cítrico e hipoclorito de calcio. De aquí se lleva a la banda X-103, para ser transportado a la cortadora Cut-101. La materia prima que sigue este proceso es: la lechuga americana, la lechuga romana, la escarola, el radiquio y el repollo blanco y morado.

Por otro lado la zanahoria y el rábano, denominados contornos, de la sección de selección y limpieza pasan a un tambor rotatorio que mediante la fricción elimina la piel de dichas hortalizas. Una vez peladas, ambas hortalizas son trasladadas, en cestas de plástico, a una ralladora para darle el corte específico. Luego pasarán al

tanque de prelavado T-103, donde se procesa a las mismas condiciones del tanque T-101 y de aquí se llevarán a la banda de inspección y mezclado X-104.

2.2.3 Cortado de los Vegetales

Después de la selección se hace pasar la lechuga por la cortadora Cut-101, para hacerle el corte específico según el tipo de producto. La lechuga cortada cae en la banda de inspección y mezclado de vegetales X-104, en la que se retiran hojas marchitas y demás elementos que puedan afectar la calidad e inocuidad del producto final, y se realiza la mezcla manual de los diferentes ingredientes de las ensaladas o contornos, incorporándolos gradualmente a la banda y controlando la proporción de contornos que se deben agregar a la misma.

Posteriormente pasa a través del elevador Elv-102 que dirige el producto a la canal de lavado Ca-201.

2.2.4 Lavado

El sistema de lavado está compuesto por cuatro bombas centrífugas de acero inoxidable (P-203, P-204 A/B y P-205), las cuales manejan caudales de 140 GPM, la canal de lavado Ca-201 de acero inoxidable y de una longitud de 11 metros, una zaranda vibratoria Z-201, la cual posee el tanque T-207 con una capacidad de 1500 litros, un tanque cilíndrico T-206 de 3500 litros de capacidad y el intercambiador de calor de placas verticales E-201. Este sistema de lavado es de circuito cerrado, por lo que el agua utilizada es enfriada, clorinada y recirculada.

La canal Ca-201 posee tres alimentaciones principales, una es la del agua que se recircula y que es bombeada por P-204 A/B desde E-201, y las otras dos son la alimentación de las sustancias desinfectantes, hipoclorito de calcio al 5 % y ácido cítrico al 10 %, que son bombeadas desde los tanques T-204 y T-205 respectivamente, sólo cuando se cuenta con el funcionamiento del dosificador clorinador Clo-201. Dichas alimentaciones permiten tener el sistema en las condiciones de operación: 6.5 de pH, una concentración de hipoclorito de calcio entre 70-85 partes por millón (ppm) y una temperatura de la solución de lavado entre 1- 2 °C, la cual garantiza tener la temperatura óptima para las reacciones que se llevan a cabo y además logra una temperatura adecuada para mantener el vegetales en

condiciones de conservación apropiadas. Por otro lado, se tienen las alimentaciones secundarias, las cuales están constituidas por los flujos que entran a través de P-205 a Ca-201, dichos flujos tienen la finalidad de generar la turbulencia necesaria para optimizar el contacto de la solución de lavado con los vegetales.

Al llegar al final de Ca-201, los vegetales caen a la zaranda vibratoria Z-201, para retirarle parte de la solución de lavado por medio de la vibración que le proporciona la zaranda y son llevados a las máquinas centrífugas Cent-201 A-E. La solución de lavado es bombeada por P-203 de T-207 al tanque T-206 de donde se alimenta al intercambiador E-201 para enfriarla y reenviarla a la canal de lavado a través de P-204 A/B.

2.2.5 Centrifugado o Secado

El producto escurrido por Z-201 pasa al tren de máquinas centrifugas Cent-201 A-E, para la eliminación de la solución de lavado remanente, a fin de poder empacar un producto seco.

2.2.6 Empacado y pesado

Una vez terminado el tiempo de centrifugado el producto se lleva por medio de un sistema mecánico, en una cesta, hasta el tren de tolvas de llenado B-201 A-E, el cual está constituido por 5 tolvas. De las tolvas los operarios toman el producto y lo depositan en los empaques, para llevarlos a la mesa de pesado W-201, donde se encuentran los operarios encargados de llevar al peso establecido cada producto, para lo cual utilizan unas balanzas digitales. Una vez pesado el producto se lleva a la sección de sellado Emp-201, donde según el tipo de producto se realiza un sellado al vacío o un sellado convencional.

El producto sellado pasa a través de la banda X-206, donde se encuentra un operario verificando que el producto se encuentre correctamente sellado y con su respectiva fecha de vencimiento, para luego pasar por el detector de metales Dt-201, donde se verifica que no haya alguna traza de metal en el producto, y finalmente pasa por la banda X-207 para ser recolectado, en cajas de cartón o cestas de polietileno, y ser llevado a la cava de almacenamiento de producto terminado.

2.2.7 Almacenamiento del Producto Terminado

Finalmente, las cestas y cajas, que contienen el producto terminado, son colocadas, separadamente, en la cava de refrigeración a una temperatura de refrigeración de 2°C a 3°C, la cual se verifica mediante un instrumento que lleva el registro de la temperatura y permite observar las posibles fluctuaciones que ocurren en el almacén, y a un parámetro de humedad relativa de 10 – 15 %.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS
KELLY'S ACTUAL

2.3 LA MICROBIOLOGÍA DE LOS VEGETALES FRESCOS

Los vegetales frescos, antes de ser procesados, poseen una diversa población de microorganismos, los cuales por lo general arrojan recuentos de 10^5 - 10^7 ufc/g (unidades formadoras de colonia por gramo de vegetal). Del 80 al 90% de las bacterias son Gram negativas, predominantemente Pseudomonáceas, Enterobacterias, Erwinia y Aeromonas, siendo todas estas especies degenerativas principalmente, pero además se puede encontrar una variedad de levaduras ⁽⁶⁾.

Los vegetales listos para consumir o mínimamente procesados tienen un buen record en términos de seguridad alimentaria, sin embargo, patógenos causantes de enfermedades pueden estar presentes en ellos. Debido a esto se mencionan a continuación los agentes patógenos, más comunes, que pueden generar problemas de salud pública y que se pueden encontrar más frecuentemente en este tipo de producto.

2.3.1 Listeria monocitógenes

La Listeria monocitógenes (L. monocitógenes) es una bacteria Gram – positiva, este patógeno puede causar varias enfermedades en los humanos, incluyendo meningitis, abortos o adelanto del parto. L. monocitógenes tiene la habilidad de crecer a temperaturas de refrigeración y además tiene facultades de microorganismo anaeróbico, siendo capaz de sobrevivir bajo condiciones de baja concentración de O₂ ⁽⁷⁾.

L. monocitógenes es considerada un microorganismo ubicuo en el ambiente, ya que puede estar presente en aceites, heces fecales, en el agua, en el estiércol, heno, aves, animales y hombres. Por lo tanto, la contaminación de vegetales con monocitógenes puede ocurrir debido a malas prácticas agrícolas, como irrigación con agua contaminada o fertilización con estiércol contaminado. Está presente comúnmente en aguas de desecho y hasta en plantas de tratamiento de aguas servidas, en el suelo, en el ambiente; en aves, pescado, moluscos, crustáceos, insectos, leche, productos cárnicos, frutas y vegetales. Específicamente en estos últimos, ha sido aislada a partir de repollo, apio, céleri, perejil, lechuga y jugo de

lechuga, pepino, rábano, hongo, cebollín, y pimentón. Se ha encontrado en vegetales que están contaminados con la tierra o el estiércol usado como fertilizante ⁽⁷⁾.

L. monocitogenes puede sobrevivir por largos períodos de tiempo en los alimentos, en las plantas de procesamiento y en ambientes refrigerados por lo que puede ser transmitida al humano a través de la ingestión de alimentos que se contaminan durante cualquier paso de la cadena de producción ⁽⁸⁾.

2.3.2 Escherichia coli O157:H7

La *Escherichia coli* (*E. coli*), es una especie del género de Enterobacterias, *Escherichia*, es un habitante común en el tracto gastrointestinal del hombre y de los animales. A pesar del estado de peligrosidad de la mayoría de las especies patógenas de este género, particularmente la especie enterohemorrágica, *E. coli* O157:H7, ha surgido como el patógeno más representativo del género y su enfermedad asociada característica es la colitis hemorrágica ⁽⁷⁾.

El reservorio principal de *E. coli* O157:H7 es el tracto gastrointestinal bovino y desde que la contaminación de productos alimenticios ha estado asociada con el contacto con heces presentes en el estiércol utilizado en la cosecha, la presencia de *E. coli* se ha convertido en un factor de riesgo significativo. Además, la contaminación de fuentes de agua naturales y la supervivencia del organismo en éstas, hace del agua un medio potencial en la distribución de la infección, particularmente si el agua no tratada se consume directamente o se utiliza para lavar los vegetales ⁷.

2.3.3 Salmonella

Salmonella es un género de la familia de las Enterobacterias y está caracterizada como un Gram negativo. Algunas de las especies patógenas de *Salmonella* son: *S. enteritidis*, *S. Montevideo*, entre otras. Los síntomas normales producidos por la gastroenteritis, ocasionada por la *Salmonella*, incluye diarrea, náuseas, dolor abdominal, vómito, fiebre y escalofríos ⁽⁷⁾.

Las bacterias del tipo de *Salmonella* son mesófilas, con una temperatura óptima de crecimiento de 35-45°C. La velocidad de crecimiento es sustancialmente

reducida a temperaturas menores de 15°C, mientras el crecimiento de la mayoría de las especies se previene a temperaturas inferiores a los 7°C, por lo que las temperaturas de refrigeración, a las que son almacenadas los vegetales listos para consumir, impiden el crecimiento de este tipo de bacterias. Las bacterias de este género son facultativamente anaeróbicas, por lo que son capaces de sobrevivir en atmósferas de baja concentración de O₂⁽⁷⁾.

El género Salmonella es abundante en material fecal y aguas residuales contaminadas, consecuentemente puede contaminar cualquier producto que esté en contacto con dichas fuentes. Debido a que puede vivir en fuentes de agua contaminadas, podría ser diseminada si se utiliza dicha agua con fines agrícolas⁽⁷⁾.

Este patógeno está asociado naturalmente con los cuerpos de todos los animales y ha sido aislada de muchos mamíferos, pollos, aves, reptiles, pescados, anfibios e inclusive insectos. Por lo tanto, la comida es el principal vector transmisor de este patógeno hacia los humanos, especialmente comida de origen animal y aquella que haya estado expuesta a aguas contaminadas⁽⁷⁾.

2.4 MÉTODOS GENERALES DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS

Los microorganismos constituyen un factor a controlar en los vegetales mínimamente procesados. Las bacterias, levaduras y mohos son responsables de hasta el 15% de la alteración poscosecha. Pero, aún más importante que las pérdidas económicas, ocasionadas por el deterioro de los vegetales antes de su venta, es el deber de garantizar la seguridad de los productos de cara al consumidor, con el fin de evitar intoxicaciones alimentarias⁽⁹⁾.

Los métodos microbiológicos utilizados en las industrias para determinar cuantitativamente el número “total” (en realidad ningún método permite determinar el número exacto de microorganismos presente en un alimento) de un cierto tipo de microorganismo, deberán ser razonables en lo que atañe a la complejidad, disponibilidad de medios y equipo, facilidad de interpretación de los resultados, tiempo requerido y costos.

Son cuatro los métodos básicos utilizados para investigar el número total de microorganismos ⁽⁹⁾:

- 1.- Recuento en placa para la determinación del número de células viables o unidades formadoras de colonias (ufc).
- 2.- Método del número más probable (MPN) de gérmenes como cálculo estadístico del número de células viables o unidades formadoras de colonias.
- 3.- Técnicas de reducción de colorantes para el cálculo del número de células viables con capacidad reductora.
- 4.- Recuento microscópico directo tanto para células viables como para las no viables.

El recuento en placa es el método más utilizado para la determinación del número de células viables o unidades formadoras de colonias en un alimento. Dicho método fue utilizado en este proyecto, específicamente se utilizó el método de Placas Secas Rehidrables de Petrifilm.

2.4.1 Principios de garantía de la calidad microbiológica de los alimentos

El análisis microbiológico de alimentos no tiene carácter preventivo sino que simplemente es una inspección que permite valorar la carga microbiana. Por tanto, no se puede lograr un aumento de la calidad microbiológica mediante el análisis microbiológico, sino que lo que hay que hacer es determinar en la industria cuáles son los puntos de riesgo de contaminación o multiplicación microbiana y evitarlos siguiendo un código estricto de Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) ⁽⁸⁾.

La prevención está en evitar manufacturar productos de baja calidad microbiológica y no en comprobar la calidad microbiológica de los ya elaborados, lo que, por otra parte, presenta una relación costo - beneficio muy baja por la gran cantidad de muestras que es necesario analizar.

La evaluación de la calidad microbiológica de los vegetales mínimamente procesados se puede realizar a través de la numeración de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y fecales, *Escherichia coli*, e investigación de la presencia de *Salmonella* y *Vibrio cholerae* ⁽⁸⁾.

Las unidades de reducción del conteo microbiano (URCM) permiten estimar la reducción de microorganismos frente a un proceso de desinfección y se define según la ecuación N° 1, donde N_o es la carga microbiana inicial determinada numéricamente mediante un método de recuento microbiológico estándar y N_t es la carga microbiana final luego de aplicado un tratamiento microbicida.

$$URCM = -\log_{10}\left(\frac{N_t}{N_o}\right) \quad (1)$$

Aplicando las Buenas Prácticas de Fabricación y óptimos procesos de desinfección, las oscilaciones en la calidad microbiológica del producto disminuyen y el análisis microbiológico es más consistente puesto que permite detectar alejamientos de las BPF.

2.4.2 Utilización de los microorganismos como marcadores

Hoy día se utilizan los microorganismos para evaluar las condiciones de higiene y Buenas Prácticas de Fabricación, bajo las cuales se desarrolla un proceso donde el producto final es un alimento, para esto se han denominado los siguientes microorganismos: ⁽⁸⁾

Microorganismo *índice*: es aquel cuya presencia alerta de la posible presencia de un microorganismo patógeno relacionado ecológicamente con él, por ejemplo: las *enterobacterias* son índice de *Salmonella*.

Microorganismo *indicador*: es aquel cuyo número indica un tratamiento inadecuado o una contaminación posterior del alimento analizado.

A pesar de que actualmente es posible detectar casi cualquier tipo de microorganismo patógeno, se siguen llevando a cabo análisis de microorganismo determinados como marcadores por razones de economía, rapidez y sensibilidad.

Los microorganismos indicadores utilizados para los vegetales mínimamente procesados son los aerobios mesófilos, los mohos y las levaduras, mientras que los índices son: *E. coli* y coliformes y enterobacterias, además se evalúan los patógenos

Salmonella y Listeria monocitogenes, debido a la incidencia que se ha observado de dichos microorganismos en los vegetales frescos.

2.5 MÉTODOS PARA REDUCIR O ELIMINAR PATÓGENOS EN VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Es un hecho que los microorganismos patógenos asociados a los vegetales mínimamente procesados, tanto enteros como troceados, pueden causar enfermedades incluso la muerte, por lo que es necesario mejorar los esfuerzos hechos hasta ahora para reducir los riesgos asociados a este producto.

Existe una variedad de métodos para reducir las poblaciones de microorganismo durante el procesamiento de vegetales frescos. Cada método posee sus ventajas y desventajas, dependiendo del tipo de producto, protocolo de mitigación y otras variables. El mejor método para eliminar patógenos de los vegetales es en primer lugar evitar la contaminación, por medio del seguimiento de unas Buenas Prácticas Agrícolas y de Fabricación. Sin embargo, la previsión no siempre es posible, por lo que es necesario lavar y sanitizar muchos de los vegetales a fin de prevenir los brotes de enfermedades, aunque debe resaltarse que es muy poco probable que se puedan eliminar todos los patógenos después de que el producto ha sido contaminado, por lo tanto, es importante utilizar protocolos de lavado y sanitizado que sean suficientemente eficientes ⁽¹⁰⁾.

La eficacia del método utilizado para reducir poblaciones microbianas usualmente depende del tipo de tratamiento, tipo y fisiología del microorganismo, de las características de la superficie del producto (textura, tendencia hidrofóbica), tiempo de exposición y concentración del sanitizante o la sustancia limpiadora, pH y temperatura. Además, debe resaltarse que la concentración o nivel de sanitizantes u otros métodos de intervención deben ser limitados por el impacto negativo que pudiera generar sobre las propiedades sensoriales del producto ⁽¹⁰⁾.

En este proyecto no se pretende estudiar los efectos antimicrobianos de las combinaciones de varias de las estrategias de la mitigación de microorganismos; pero, se esperaría que las combinaciones de sanitizantes y/o otros métodos de

intervención, como bajas temperaturas y remoción física de microorganismos, tuvieran un efecto aditivo y sinérgico en la eliminación y/o reducción de los microorganismos de los vegetales.

El concepto de usar métodos de intervención múltiples es análogo a reforzar las tecnologías, es decir, usar dos o más técnicas de mitigación, para prevenir crecimiento de microorganismos en los alimentos, podrían generar un efecto antimicrobiano mayor.

A continuación se presentan los principales sanitizantes, de acción oxidante, utilizados como métodos de intervención químicos para la desinfección de los vegetales. Además, se presenta también el potencial de óxido reducción como principal variable para monitorear la desinfección con dichos sanitizantes.

2.5.1 Cloro (hipoclorito)

El cloro ha sido usado para propósitos de sanitización en el procesamiento de alimentos por décadas y es quizás el sanitizante más ampliamente utilizado en la industria alimenticia. Sin embargo, preocupaciones sobre la producción de compuestos orgánicos clorinados, como trihalometanos, y sus impactos en los humanos y en la seguridad ambiental han aparecido en los últimos años, por lo que alternativas diferentes al cloro están siendo utilizados.

Cloro líquido o hipocloritos son usados generalmente para sanitizar las superficies de los vegetales y los equipos de proceso en el rango de concentración de 50-200 ppm de cloro libre y con un tiempo de contacto de 1 a 2 minutos. En la Tabla N° 1 se muestran las concentraciones de cloro total disponible, utilizadas para sanitización en tratamientos poscosecha ⁽¹¹⁾.

Tabla N° 1: Concentraciones de cloro total disponible usadas para Sanitización poscosecha ⁽⁷⁾

VEGETAL	CONCENTRACIÓN (PPM, PARTES POR MILLÓN)
Lechuga romana	100-150
Lechuga americana	100-150
Lechuga escarola	100-150
Céleri	100-150
Cebolla	100-150
Repollo rayado	100-150
Zanahoria	100-200
Rábano	50-150
Tomates	200-350
Champiñones	100-150
Ajo pelado	75-150
Pimentón	250-400
Coliflor	100-150
Brócoli	100-150

Generalmente para desinfectar se usan los hipocloritos, siendo uno de los más comunes el hipoclorito de calcio, el cual genera las siguientes reacciones al ser añadido al agua ⁽⁷⁾:



El ácido hipocloroso (HOCl) es la forma del cloro libre que posee la más alta actividad bactericida y contra un amplio rango de microorganismos. En soluciones acuosas el equilibrio entre el ácido hipocloroso (HOCl) y el ión hipoclorito (OCl⁻) es

dependiente del pH y la concentración de HOCl aumenta a medida que el pH disminuye, como se puede ver en la Tabla N° 2:

Tabla N° 2: Efecto del pH y la temperatura en el porcentaje de cloro como ácido hipocloroso (HOCl) ⁽¹¹⁾

PH	HOCL (%)	
	0 ° C	20 ° C
4.0	100	100
5.0	100	99.7
6.0	98.2	96.8
7.0	83.2	75.2
8.0	32.2	23.2
8.5	13.7	8.8
9.0	4.5	2.9
10.0	0.5	0.3

Típicamente, valores de pH entre 6.0 y 7.5 son usados para minimizar la corrosión de los equipos, mientras se obtiene una eficacia de desinfección aceptable. Además se debe señalar que cloro gas (Cl_2) se forma a pH por debajo de 4, aunque a dicho pH el equilibrio de la reacción (3) es a favor del HOCl en la medida de que la temperatura decrece ⁽⁷⁾.

La utilización de hipoclorito de calcio favorecerá la formación de hidróxidos y por tanto un aumento del pH a niveles fuera del rango deseado. Para contrarrestar este efecto suelen utilizarse ácidos orgánicos naturales como el ácido cítrico, el cual además de reducir el pH puede actuar como inhibidor del crecimiento bacterial ⁽¹²⁾.

La máxima solubilidad del HOCl en el agua se observa alrededor de los 4°C, por lo que la temperatura del agua contribuye con la efectividad del proceso de sanitización. Aunque, la temperatura del agua clorinada debe ser, idealmente 10°C mayor que la de los vegetales, a fin de proporcionar un gradiente de temperatura que

minimice la probabilidad de infiltración de los microorganismos en los tejidos de los vegetales ⁽⁷⁾.

Cuando una solución de hipoclorito está en contacto con vegetales troceados, en el proceso de lavado, este sanitizante reaccionará con toda la materia orgánica presente (como tejidos vegetales, jugos celulares, partículas de aceite y microbios) y el cloro libre será consumido. Por lo tanto, la cantidad de cloro libre para reaccionar con los microorganismos dependerá de la cantidad de materia orgánica y compuestos inorgánicos, presentes en la solución de lavado, que puedan ser oxidados por el cloro, es por ello la importancia de eliminar la materia orgánica cuando se utilizan recintos de agua para el lavado de los vegetales ⁽¹³⁾. Además, el HOCl pierde actividad rápidamente cuando es expuesto al aire, la luz o metales.

Debido a que el cloro, en sus formas activas HOCl o OCl⁻, reacciona con la materia orgánica y componentes disueltos en la solución de lavado, provenientes de los tejidos de las superficies de los vegetales cortados, puede ser neutralizado antes que alcance las células microbianas, reduciendo su potencial bactericida. Adicionalmente, las pequeñas fisuras en los vegetales, junto con la naturaleza hidrofóbica de las cutículas cerosas en las superficies de muchas frutas y vegetales, pueden evitar que el cloro y otros sanitizantes alcancen las zonas donde se encuentran los microorganismos.

Se ha determinado que la capacidad microbicida del cloro se incrementa al aumentar la concentración de cloro disponible y el flujo de agua de lavado utilizada. Esto fue observado en un estudio realizado en la desinfección de lechuga en trozos lavada con hipoclorito de calcio en un rango de concentraciones de 50 – 150 ppm y utilizando flujos de agua de hasta 50 litros/kg de producto. Por otro lado, se corrobora que el tiempo no tiene efecto en la reducción de la carga microbiana, ya que incrementar el tiempo de contacto de 2 a 8 minutos no generó una diferencia significativa ⁽¹³⁾.

La eficiencia del tratamiento con cloro para la eliminación de microorganismos responsables de la durabilidad de los vegetales mínimamente procesados, fue comprobada en un estudio realizado bajo condiciones de

procesamiento industrial simuladas. En dicho trabajo se demostró que el cloro es eficiente para eliminar pseudomonas y enterobacterias, las cuales son indicadoras de presencia de Salmonella, pero también son microorganismos deteriorativos ⁽¹⁴⁾.

Nugyen-the y Carlin ⁽¹⁵⁾ señalan, al igual que otros estudios, que la acción del cloro contra Listeria monocitogenes ocurre durante los primeros 30 segundos de exposición, además que es limitada e impredecible, ya que depende de muchos factores como la carga del patógeno inicial y del tipo de vegetal. Diversas investigaciones apuntan la poca efectividad del cloro contra microorganismos patógenos como la L. monocitogenes y Salmonella.

Actualmente, los nuevos desinfectantes orgánicos que pueden sustituir al hipoclorito son el ácido peroxiacético (tsunami), el clorito de sodio acidificado en un 50 % de ácido cítrico y el dióxido de cloro (ClO₂) ⁽¹⁶⁾.

2.5.2 Ácido Peroxiacético

Se ha determinado que el ácido peroxiacético (ácido peracético, C₂H₄O₃) es un efectivo agente microbicida contra células vegetativas, esporas, levaduras y esporas de mohos, debido a su alto potencial oxidativo y su bajo pH de 2.8. Este ácido es preparado utilizando ácido acético y peróxido de hidrógeno. Es un excelente sanitizante para desinfección por contacto de superficies y de frutas, vegetales y carnes ⁽¹⁷⁾.

De acuerdo a la FDA (del inglés *Food and Drug Administration*) cuando se utilice este ácido en las soluciones de lavado de los vegetales, no deben usarse concentraciones mayores a los 90 ppm. Bajo concentraciones recomendadas los productos tratados no requieren enjuague, luego de ser lavados con este ácido. Además, el ácido peracético está aprobado por la EPA (del inglés *Environmental Protection Administration*) para ser utilizado en contacto directo con los vegetales, sin necesidad de enjuagado posterior a su aplicación.

Cuando se utilizó ácido peracético en concentraciones de 40 – 80 ppm, aplicado a través de un sanitizante elaborado por Ecolab (Tsunami), las poblaciones de Salmonella y E. coli O157:H7 fueron reducidas significativamente en distintas

especies de melones. Cerca de 10 URCM en las cuentas de coliformes totales y fecales, fueron observadas en mezclas de ensaladas frescas listas para consumir, luego de tratarlas con 90 ppm de ácido peracético y con 100 ppm de cloro. La subsiguiente inhibición en el crecimiento microbiano, durante el almacenamiento de las ensaladas fue atribuida a la actividad residual del ácido peracético ⁽¹⁸⁾.

2.5.3 Clorito de Sodio Acidificado

El clorito de sodio acidificado (ASC, del inglés *acidified sodium chlorite*) es un líquido incoloro con un ligero olor a cloro, el cual es producido por la adición de un ácido débil a una solución de clorito de sodio (NaClO_2). El ingrediente activo, a pH de 2.3 a 3.2, consiste principalmente de ácido cloroso (HClO_2) en equilibrio con ión clorito (ClO_2^-) y H^+ . ASC en solución es principalmente ión clorito, del 65-95% a pH de 2.3 a 3.2 respectivamente, iones H^+ y ácido cloroso, entre 35-5% a pH de 2.3 a 3.2 respectivamente. A pH mayores de 7 el dióxido de cloro (ClO_2) es la principal especie presente y se descompone lentamente en cloratos y cloruros. Por lo tanto, el uso de ASC, dependiendo del pH, puede resultar en la producción de los siguientes compuestos de cloro: iones ClO_2^- , cloratos (ClO_3^-), HClO_2 y ClO_2 ⁽¹⁹⁾.

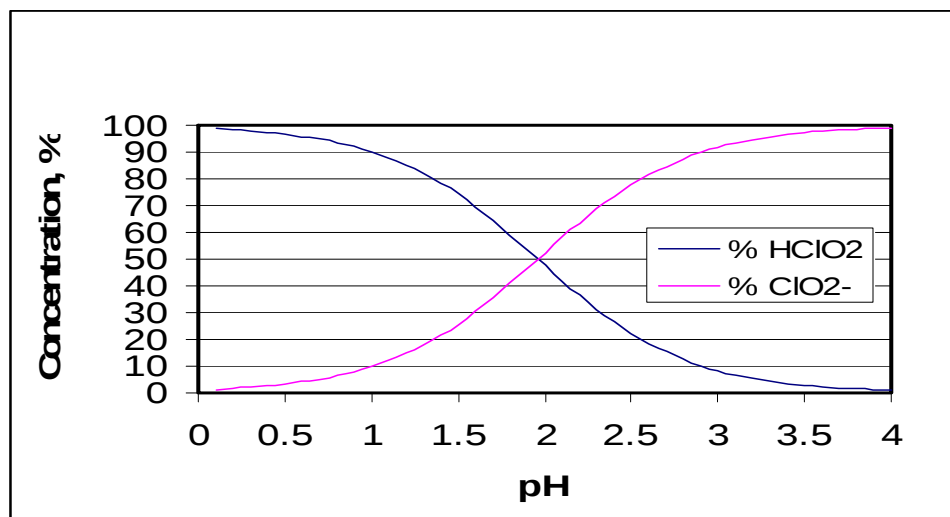
Los precursores del clorito de sodio acidificado son:

- ✓ Clorito de sodio
- ✓ Cualquier ácido de grado alimenticio, como: ácido cítrico, fosfórico, clorhídrico y málico.

Las concentraciones permitidas por la FDA, por el gobierno Australiano y por la comunidad Europea, para tratamiento de frutas y vegetales, intactos y troceados, son de 500-1200 ppm de clorito de sodio, en un rango de pH de 2.3-2.9.

La actividad germicida del ASC deriva de la degradación del ácido cloroso, la cual forma una fracción de ión ClO_2^- en solución. El nivel de ácido cloroso en solución acuosa, dependerá de la concentración del ión hidronio de la mezcla clorito – ácido. El ácido cloroso es una sustancia inestable, siendo dicha inestabilidad proporcional a su concentración, por lo que a menor concentración menor degradación. Para el rango de pH de 2.3-2.9 y con concentraciones de 500-1200 ppm,

la disociación del ácido cloroso es cerca del 31% a pH de 2.3, reduciéndose a cerca del 10% a pH de 2.9. A continuación se presenta en la Gráfica N° 1 la relación de la concentración de ácido cloroso (HClO_2) e iones clorito (ClO_2^-) como función del pH ⁽¹⁹⁾.



Gráfica N° 1: Dependencia del pH de la concentración del ácido cloroso (HClO_2) y el ión clorito (ClO_2^-) ¹⁸

La actividad antimicrobiana derivada del ácido cloroso está basada en las reservas de clorito y iones H^+ en solución, ya que el HClO_2 es consumido a través de las reacciones de oxidación, por medio de la interacción de los microorganismos y otra materia orgánica y es la tendencia al equilibrio, de las reservas de iones, la que produce ácido cloroso adicional.

El beneficio final del uso del ASC es la producción de alimentos más seguros a través de la reducción de especies bacterianas como: *Escherichia coli*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria monocitogenes* y otras. Adicionalmente el ASC puede generar una completa reducción de las poblaciones microbianas totales presentes en la superficie de los alimentos, afectando directamente especies de bacterias deteriorativas, levaduras y mohos, lo que proporciona una extensión de la durabilidad del alimento tratado.

La habilidad del ASC para eliminar bacterias patógenas ha sido estudiada en productos frescos. Cuando se aplicaron 1200 ppm de ASC durante 1 minuto en frutas y vegetales inoculados, se logró reducir sustancialmente el conteo de Salmonella, E. coli O157:H7 y L. monocitogenes. Dicho tratamiento eliminó más del 99.9 % (3 URCM) de los patógenos antes mencionados en zanahorias, tomates, fresas, pepinos, lechugas y manzanas ⁽¹⁷⁾.

Otro estudio publicado señala la eficiencia del ASC en el tratamiento de zanahoria rallada, bajo condiciones de proceso simuladas. En dicho estudio se encontró que el ASC generó la mayor reducción de E. coli O157:H7 alcanzando 5.25 URCM. Esto se logró aplicando 1000 ppm de ASC. E. coli O157:H7 no fue recuperada de las muestras tratadas con ASC durante los 14 días de almacenamiento ⁽¹⁸⁾. La eficacia del ASC para reducir poblaciones de E. coli O157:H7 también fue estudiada en repollo morado. Esta evaluación consistió en la comparación del desempeño del ASC con el lavado con agua destilada. Los resultados obtenidos arrojaron una reducción de 1.0 URCM ufc/g, mientras el tratamiento con ASC logró una reducción de 3.0 URCM ufc/g y sin producción de cambios en el color del repollo ⁽²⁰⁾.

2.6 POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN. PARÁMETRO PARA EL MONITOREO DE LA DESINFECCIÓN DE LOS VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS

El potencial de óxido reducción es el potencial, en voltaje, al cual ocurre la oxidación en el ánodo y la reducción en el cátodo en una celda electroquímica. Desde una perspectiva microbiana la oxidación química permite la salida de electrones a través de la membrana de la célula, causando la destrucción de los microorganismos ⁽²¹⁾.

El seguimiento y registro de los procedimientos de desinfección son un componente importante de un programa de calidad y seguridad durante el procesamiento de los vegetales frescos. El potencial de oxido-reducción (ORP, del inglés *oxidation reduction potential*), medido en milivoltios (mV), ha sido

introducido recientemente en la industria como una técnica fácilmente estandarizada para el monitoreo de la desinfección durante el lavado de los vegetales, dicho monitoreo es realizado sobre el agua utilizada para desinfectar, la cual contiene los agentes desinfectantes de actividad oxidativa que generan el mencionado potencial, aumentando el ORP característico del agua.

Operando similarmente como un termómetro digital o un electrodo de pH, los sensores de ORP permiten un registro, seguimiento y mantenimiento automático de los niveles críticos de los desinfectantes en los sistemas de agua de lavado ⁽²²⁾.

El monitoreo es un punto de control esencial para asegurar la desinfección del agua utilizada para limpiar las superficies o para el contacto directo con los vegetales frescos. Tradicionalmente el tratamiento de desinfección más comúnmente usado para el agua, el cloro o hipoclorito, ha sido seguido por mediciones cualitativas de la concentración total y o disponible de cloro libre expresada en ppm (partes por millón). Pruebas de titulación permiten estimar durante proceso el rango de formas del cloro con actividad antimicrobiana en el agua, pero por lo general están asociadas a un amplio margen de error.

La introducción del ORP como parámetro en la industria de los vegetales frescos obedece al respaldo de numerosas investigaciones que indican que el potencial de oxidación es el principal indicador de la capacidad de desinfección de una sustancia ⁽²¹⁾. La investigación ha demostrado que un valor de ORP entre 650 a 700 mV genera la eliminación de bacterias de deteriorativas y bacteria tales como E. coli y Salmonella, en pocos segundos. Las levaduras causantes de pudriciones y el tipo más sensible de hongos que forma esporas, también son eliminados a este nivel después de un tiempo de contacto de pocos minutos ⁽²¹⁾.

El potencial de óxido reducción es aplicable para el monitoreo de procesos de desinfección que utilizan agentes de acción oxidativa como el hipoclorito, clorito de sodio, entre otros, sin embargo estudios indican que no es un método aplicable para el monitoreo del potencial antimicrobiano de agua tratada con peróxido de hidrógeno o ácido peracético ⁽²⁰⁾.

2.7 NORMATIVA PARA LA EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LOS ALIMENTOS EN VENEZUELA

Los procedimientos seguidos para evaluar los microorganismos en los alimentos en Venezuela están regidos por las siguientes Normas Covenin:

COVENIN 1126-1989. Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico.

COVENIN 902-1987. Alimentos. Métodos para el recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de Petri.

COVENIN 1086-1984. Alimentos. Métodos para el recuento de bacterias coliformes en placas de Petri.

COVENIN 3338-1997. Alimentos. Recuento de aerobios método de placas secas rehidrables (Petrifilm).

COVENIN 3276-1997. Alimentos. Recuento de coliformes y de E. coli método de placas secas rehidrables (Petrifilm).

COVENIN 1104-1996. Alimentos. Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y E. coli.

COVENIN 409-1998. Alimentos. Principios generales para el establecimiento de criterios microbiológicos

La metodología para el tratamiento de los alimentos durante las evaluaciones microbiológicas efectuadas en este proyecto fue precisamente la planteada por las normas antes mencionadas.

2.8 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Los procesos industriales se caracterizan por ser dinámicos, ya que en ellos ocurren una serie de cambios que pueden afectar las variables importantes de los mismos, si no se toman las medidas pertinentes, es por esta razón que se debe tener en cuenta la mejor forma de mantener bajo control un proceso y esa forma es en muchos casos la automatización, la cual consiste en la incorporación de un dispositivo electrónico que se encarga de controlar el funcionamiento del proceso ⁽²³⁾.

Con la automatización de los procesos se busca cubrir la siguiente serie de objetivos:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de producción y mejorando la calidad de la misma.
- Asegurar una calidad superior y constante de todos los productos.
- Registrar eficientemente las variables claves para el monitoreo de un proceso.
- Mejorar las condiciones de trabajo creando tareas más nobles e incrementando la seguridad.

A continuación se presentan las etapas que están asociadas a la metodología para automatizar un proceso y luego se hace mención de las estrategias de control aplicables en un sistema automatizado y los tipos de controladores, para finalmente hacer la descripción de una tecnología (el PLC) que permite ejecutar las mencionadas estrategias y lograr la automatización deseada.

2.8.1 Etapas de la Automatización

Se han establecido las etapas que se deben seguir en un proceso de automatización, las cuales se enumeran a continuación ⁽²⁴⁾:

1. Especificación: En esta fase se busca conocer el proceso, estudiar las necesidades y seleccionar las variables a controlar.
2. Diseño: Luego de la comprensión del proceso, se deben seleccionar los sensores y accionadores requeridos, realizar los algoritmos y seleccionar la tecnología.

3. **Implantación:** Consiste en instalar la instrumentación requerida y el bloque de decisión con su programación. En esta fase se realizan las simulaciones del proceso y luego se integra la parte operativa con la parte de mando, lo que permite el arranque de la fase de prueba.
4. **Pruebas y verificación:** Se refiere a la verificación de la actuación de la instrumentación de acuerdo al programa desarrollado, a fin de realizar los ajustes necesarios para lograr el funcionamiento correcto del sistema. Adicionalmente, una vez completada la instalación de un sistema de control automático, se requiere monitorear el proceso durante operación normal, con el objetivo de afinar el programa y asegurar las condiciones deseadas.

2.8.2 Filosofías de Control

Por lo menos hay dos enfoques de control para contrarrestar los cambios que la perturbación pueda producir en el proceso. El más usado tradicionalmente es el llamado control feedback o control por retroalimentación, el cual consiste en medir la variable controlada y responder a cambios en la misma, es decir, es un control correctivo o de regulación. La manera en que los controladores por retroalimentación toman una decisión para mantener el punto de control, es mediante el cálculo de la salida como base en la diferencia entre la variable que se controla y el punto de control ⁽²⁵⁾.

El otro enfoque tradicional es el control anticipado (*feedforward*), el cual consiste en cambiar el valor de la variable manipulada una vez se detectan los cambios en las perturbaciones, no en la variable controlada, idealmente esto permitiría contrarrestar las perturbaciones antes de que cambien el valor de la variable controlada. Este enfoque requiere modelar el proceso, para poder conocer la relación entre la variable manipulada, la perturbación y la variable controlada, lo cual es más complejo que un controlador feedback, en el cual se usa un algoritmo único, el controlador PID, y sólo se ajustan los parámetros del mismo ⁽²⁵⁾. Los tipos de controladores feedback más comunes son: ⁽²³⁾

El controlador proporcional (P). Es el más simple de este tipo de controladores, con la ventaja de que sólo tiene un parámetro de ajuste, pero con la desventaja de que operan con una desviación en la variable que se controla.

El controlador Proporcional Integral (PI). Este tipo de controlador cuenta con dos parámetros de ajuste y se utiliza en procesos que no se pueden controlar con una desviación, sus dos parámetros de ajuste le permiten eliminar dicha desviación.

El controlador Proporcional Integral Derivativo (PID). Este controlador posee tres parámetros de ajuste, ya que se le adiciona la acción derivativa, la cual le permite anticipar hacia dónde va el proceso.

2.8.3 Controladores Lógicos Programables (PLCs)

De una manera general podemos definir al controlador lógico programable como toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Los controladores programables fueron introducidos como un dispositivo de control electrónico-eléctrico para el control automático de sistemas en 1969. Los PLC's resultaron muy atractivos ya que, a diferencia de los antiguos circuitos permiten reprogramación, ocupan comparativamente muy poco espacio, consumen poca potencia, poseen auto-diagnóstico y tienen un costo competitivo. Además, ahora muchos PLC's incorporan instrucciones y módulos para manejar señales análogas y para realizar estrategias de control, más sofisticados que el simple ON-OFF, tales como el control PID, inclusive con múltiples procesadores ⁽²⁶⁾.

Algunas ventajas en el uso de los PLC son:

- Reducción en el cableado y su costo.
- Reducción en el requerimiento de espacio.
- Control flexible debido a que todas las operaciones son programables.
- Alta confiabilidad de los dispositivos de estado sólido.
- Alta capacidad de almacenamiento de información.
- Disponibilidad de monitoreo del proceso y diagnóstico de fallas.
- Capacidad de cambios de parámetros sin detener el proceso.

- Permite hacer muestreo de señales análogas y digitales.
- Su diseño modular permite agregar y sustituir cambios requeridos.
 - Utiliza lenguaje de programación siguiendo los estándares industriales como diagramas de líneas y lógica Booleana.
 - Pueden soportar temperaturas desde 0°C a 60°C y humedad relativa desde 0 a 95%.

Los componentes de un PLC básico son los siguientes:

- Rack principal
- Fuente de alimentación
- CPU
- Tarjetas entradas/salidas digitales
- Tarjetas entradas/salidas analógicas
- Tarjetas especiales

En los siguientes puntos se hará una descripción de cada uno de estos componentes y además se mencionará la interfase que utilizan estos equipos, la cual aunque no es un componente del PLC es fundamental, pues permite la comunicación de este con los operarios.

2.8.3.1 Rack Principal

Este elemento es sobre el que se conectan el resto de los componentes. Va atornillado a la placa de montaje del armario de control. Puede alojar a un número finito de componentes dependiendo del fabricante y conectarse a otros racks similares mediante un cable al efecto, llamándose en este caso rack de expansión.

2.8.3.2 Fuente de alimentación

Es la encargada de suministrar la tensión y corriente necesarias tanto al CPU como a las tarjetas (según fabricante). La tensión de entrada es normalmente de 110/220 voltios AC (corriente alterna) de entrada y 24 voltios DC (corriente directa) de salida que es con la que se alimenta a la CPU.

2.8.3.3 CPU

Es el cerebro del PLC. Consta de uno o varios microprocesadores, según fabricante, que se programan mediante un software propio. La mayoría de ellos ofrecen varias formas de programación (lenguaje contactos, lenguaje nemónico o instrucciones, lenguaje de funciones y graficet). Trabajan según la lógica de 0 y 1, esto es, dos estados para un mismo bit.

2.8.3.4 Tarjetas entradas/salidas digitales

Se conectan al rack y comunican con el CPU a través de la citada conexión. En el caso de las entradas digitales transmiten los estados 0 ó 1 del proceso a la CPU. En el caso de las salidas, la CPU determina el estado de las mismas tras la ejecución del programa y las activa o desactiva en consecuencia.

Normalmente se utilizan tarjetas de entradas de 24 voltios DC y salidas de 24 voltios DC, aunque también las hay de 110 y 220 voltios AC, depende de las preferencias y normativas locales. Las hay de 8, 16 y 32 entradas o salidas o mezclas de ambas.

2.8.3.5 Tarjetas entradas/salidas analógicas

Se conectan al rack de igual manera que las anteriores, pero teniendo en cuenta que en algunos modelos de PLCs han de estar situadas lo mas cerca posible del CPU. Estas tarjetas leen un valor analógico e internamente lo convierten en un valor digital para su procesamiento en la CPU. Esta conversión la realizan los convertidores analógico-digitales internos de las tarjetas que en algunos casos es uno para todos los canales de entrada o salida, aunque actualmente se tiene uno por cada canal de entrada o salida. Los rangos de entrada están normalizados siendo lo más frecuente el rango de 4-20 mA (miliamperios) y 0-10 voltios DC, aunque también existen de 0-20 mA, 1-5 voltios, 0-5 voltios, etc.

2.8.3.6 Sistemas SCADA – MMI

Un sistema MMI (del inglés *Man Machine Interface*) es la interfase de unión entre el operario y la máquina. Puede ser un panel de operador o una computadora (PC), pero en ambos casos comunican y transmiten datos a y desde el PLC ⁽²⁶⁾.

En el caso de un Panel de Operador, este se compone de una pantalla con más o menos resolución de gráficos y teclas numéricas y de función o como en algunos casos pantalla táctil. La pantalla puede ser en color o monocromo e indica el estado de los diferentes valores del proceso, con gráficos complejos o figuras sencillas permitiendo a su vez introducir valores para ajustar los parámetros de regulación del proceso o consignas del mismo ⁽²⁶⁾.

Se programan con un software propio, al igual que los PLCs, y diferente a estos aunque sean del mismo fabricante. Comunican con el PLC a través de un puerto de comunicación. Generalmente el frontal suele ser de un material plástico o similar con un alto grado de protección, ya que está diseñado para estar expuesto a la intemperie o al ambiente agresivo del lugar de trabajo ⁽²⁶⁾.

Entre las funciones que pueden desarrollar estos paneles de operador están las siguientes:

- ✓ Visualizar y parametrizar datos del proceso (lectura y escritura de variables).
- ✓ Gestión de alarmas del proceso, con textos de ayuda al operario para la resolución de las mismas.
- ✓ Recopilación de alarmas sucedidas en el tiempo (histórico de alarmas).
- ✓ Impresión de las citadas alarmas.

En el caso de una computadora (PC), esta es la encargada de comunicar con el PLC. Realiza las mismas funciones que un panel de operador y además puede trabajar como sistema SCADA (adquisición de datos) y con los nuevos controles disponibles e integrados en los sistemas operativos (Windows 95/98/NT) se puede hacer por ejemplo que ante una alarma del sistema el PC marque un número telefónico o mande un mensaje a un móvil con un texto asociado al operario o personal de mantenimiento correspondiente ⁽²⁴⁾.

No hay ninguna regla para la elección de los PCs a la hora de instalar un sistema SCADA, pero si hay que insistir siempre con el fabricante en la compatibilidad del mismo con el software a instalar y sobre todo las tarjetas de comunicación, ya que algunas de ellas no son Plug&Play y crean conflicto con el sistema Plug&Play del PC a la hora de reservarse espacio en memoria para su funcionamiento ⁽²⁶⁾.

Un sistema SCADA basado en PC tiene la ventaja de guardar en disco los parámetros deseados para utilizarlos posteriormente en análisis estadísticos. Con los nuevos sistemas de comunicación (Ethernet) y los protocolos asociados puede además monitorizarse el sistema desde cualquier lugar de una red o incluso desde casa a través de un módem ⁽²⁶⁾.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología que se desarrolló para cumplir con los objetivos del proyecto planteado. Dicha metodología estuvo enfocada de forma general a evaluar el proceso de lavado de los vegetales, pero está a su vez dividida en dos secciones: la primera orientada a la optimización del lavado, desde su estudio y evaluación, y a la evaluación de nuevas sustancias para desinfectar los vegetales; y la segunda dirigida hacia la propuesta de automatización de la dosificación de los agentes antimicrobianos, utilizados en el mencionado proceso. Además se presenta la metodología que se utilizó en las determinaciones microbiológicas.

3.1 REALIZACIÓN DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA NECESARIA PARA LLEVAR A CABO EL PROYECTO

Se efectuó una amplia revisión bibliográfica, debido a que fue necesario determinar las sustancias a proponer para la evaluación de su eficiencia en el lavado, además de que se debió verificar si las variables utilizadas actualmente para monitorear el lavado eran las apropiadas. Por otro lado, para comprender mejor el proceso se investigó ampliamente sobre la desinfección de los vegetales con hipoclorito de calcio, que es el proceso que se utiliza actualmente en la empresa. Los puntos investigados fueron los siguientes:

- Procesamiento y métodos de desinfección de vegetales frescos o vegetales refrigerados mínimamente procesados.
- Microorganismos patógenos, índices e indicadores, más importantes, asociados a los vegetales mínimamente procesados.
- Técnicas de desinfección de vegetales frescos.
- Sustancias actualmente utilizadas en la industria de los vegetales mínimamente procesados y normativas asociadas a las mismas.
- Determinación de microorganismos a través del método de Placas secas Rehidrables (Petrifilm).

- Metodología para la preparación de muestras y realización de análisis microbiológicos fundamentada en las respectivas normas venezolanas COVENIN.
- Características de inocuidad de los vegetales y criterios de calidad de los mismos.
- Normativas venezolanas y extranjeras asociadas al tratamiento de los vegetales frescos.
- Instrumentación concerniente al control en los procesos de desinfección de vegetales y variables comúnmente empleadas para el monitoreo de los mismos.
- Automatización utilizando controladores lógicos programables.

3.2 DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS

Para la realización de las pruebas microbiológicas en la empresa, primero fue necesario reactivar el laboratorio de microbiología de la misma. Para ello se efectuó la búsqueda y adquisición del material de vidrio e instrumentación necesarios y la desinfección y acondicionamiento del área destinada para el laboratorio.

Por otro lado, se elaboraron las propuestas de las pruebas microbiológicas que debían realizarse para tener monitoreados los puntos clave que pudieran afectar la calidad microbiológica de los vegetales. Para esto se realizó un análisis del material bibliográfico recolectado, se consultó con expertos en el área de microbiología de alimentos y se tomó como modelo un plan utilizado anteriormente en este laboratorio, planteándose al final un cronograma de muestreo adecuado a las necesidades de la empresa. (Ver en el anexo N° 2 el cronograma de muestreo propuesto y aplicado en el laboratorio de microbiología).

A continuación se describe de forma general la metodología de las evaluaciones microbiológicas, las cuales permitieron determinar el conteo total de microorganismos en los vegetales, tanto en la materia prima como después de procesados (Ver en el Anexo N° 3 el detalle del procedimiento).

1. La recolección de los vegetales se realizó de la siguiente manera: para el caso de los vegetales procesados, estos fueron recolectados en sus empaques respectivos y tomados desde el almacén de producto terminado; en cambio la materia prima se muestreó tomando 1 porción por lote de materia prima utilizada, usando para ello

empaques y guantes estériles. De cada muestra se evaluaron microbiológicamente 25 g, cantidad estimada en el procedimiento de la norma COVENIN1126-1989.

2. Cuando se evaluó el agua de proceso las muestras fueron tomadas empleando frascos de vidrio estériles de 500 ml de capacidad, así como guantes de látex estériles.
3. Se prepararon soluciones madres para cada muestra de vegetal, para ello se agregaron los 25 g de muestra en 225 ml de diluyente (agua peptonada al 0.1%) y se agitó consistentemente, a fin de promover que los microorganismos presentes en la superficie de los vegetales se diluyeran en la solución madre. A partir de esta solución se realizaron las diluciones requeridas.
4. Se prepararon las diluciones de muestras necesarias (con agua peptonada al 0.1%) para cada evaluación, dichas diluciones fueron agregadas en las respectivas placas de Petrifilm de 3M, para la determinación de los microorganismos estudiados, los cuales fueron: mohos, levaduras, E. coli, coliformes totales y aerobios.
5. El método de ensayo para el recuento de los microorganismos mencionados consistió en inocular 1 ml de cada una de las diluciones en las placas de Petrifilm, las cuales contenían una película deshidratada de un medio de cultivo adecuado.
6. Las placas de Petrifilm para el recuento de mohos y levaduras fueron incubadas a temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y con un tiempo de incubación de 5 días; mientras las placas para el recuento de aerobios, E. coli y coliformes totales, fueron incubadas en una estufa a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas $\pm$ 2 horas.
7. Después del periodo de incubación respectivo se determinaron los números de unidades formadoras de colonias (ufc) presentes en cada una de las placas, utilizando para ello un contador de colonias y las guías de interpretación de Petrifilm, reportándose los resultados como ufc por gramo para los vegetales y como ufc por ml para las evaluaciones del agua de proceso.

3.3 EVALUACIÓN DE CADA UNA DE LAS OPERACIONES A LAS QUE SE SOMETEN LOS VEGETALES EN LA PLANTA

Dicha evaluación se llevó a cabo desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto final, con la finalidad de señalar los factores que pudieran afectar la inocuidad de los vegetales durante su procesamiento, para esto se realizó:

1. Una visita de campo a la planta a fin de elaborar el diagrama de bloques del proceso de tratamiento de los vegetales, para realizar la descripción del proceso de lavado señalando las actividades que se realizan y el orden de las mismas. Además dicha descripción del proceso permitió establecer un diagnóstico previo a los cambios que se realizarán en el sistema de producción una vez instalado el equipo de las nuevas etapas de lavado.
2. Los procedimientos y características del proceso fueron analizados en función de las recomendaciones de la bibliografía especializada.

3.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE LAVADO

Este diagnóstico se realizó mediante los siguientes pasos:

1. Descripción de las etapas de lavado y el sistema de dosificación de las sustancias utilizadas como agentes antimicrobianos.
2. Evaluación por observación directa de los equipos que constituyen el sistema de lavado en canal.
3. Análisis del agua de reciclo del lavado, para determinar si se producía acumulación de microorganismos, mediante un muestreo del agua en dos puntos del proceso.
4. Un muestreo de los vegetales al entrar al lavado y al salir de este, para realizarles un análisis microbiológico rápido por medio de placas Petrifilm 3M, a fin de establecer la eficiencia de la etapa de lavado actual, basándose en las unidades de reducción del conteo microbiano presentes en los vegetales.

3.5 INCORPORACIÓN DE LAS NUEVAS ETAPAS DE LAVADO

A fin de contribuir con la definición de los factores asociados al equipo de las nuevas etapas de lavado a ser instalado se realizó:

1. En base a los requerimientos de proceso se efectuaron los cálculos para la determinación de las capacidades de las bombas y se verificó que la sección transversal de la canal de lavado tuviera las dimensiones óptimas.
2. Mediante pruebas se definieron los parámetros de las nuevas etapas de lavado: tiempo de residencia y turbulencia.
3. Se planteó el layout para la ubicación del equipo en planta y una configuración para la desinfección.
4. Se propusieron sustancias desinfectantes para ser utilizadas en estas etapas y se realizaron evaluaciones a escala piloto de las mismas, a fin de determinar su eficiencia.

3.5.1 Evaluación de las Nuevas Sustancias Desinfectantes

Las sustancias desinfectantes seleccionadas y evaluadas en el lavado de los vegetales de la empresa fueron: el ácido peracético y el clorito de sodio acidificado con ácido cítrico. A continuación se presenta la metodología seguida en la evaluación de la capacidad de desinfección de las sustancias mencionadas.

1. Estudio de las características de las soluciones seleccionadas y de las aprobaciones para su utilización en la desinfección de vegetales troceados.
2. Se seleccionaron como productos a evaluar en escala piloto los productos que se producen en mayor escala en la empresa.
3. Se elaboraron curvas de concentración de las soluciones desinfectante, a fin de obtener una relación concentración volumétrica del desinfectante y la concentración del componente activo deseado, para obtener la concentración requerida, para ello se realizaron las titulaciones específicas para cada sustancia.
4. Se realizaron configuraciones para el procesamiento completo de los vegetales en escala piloto, incluyendo etapas de lavado con las sustancias propuestas, determinándose el orden de las operaciones unitarias a ser llevadas a cabo y un

número de etapas de lavado que puedan ser realizadas en escala real con los equipos que se pretenden instalar en la sección de lavado.

5. De cada una de las configuraciones en escala piloto llevadas a cabo se realizaron análisis microbiológico de muestras de materia prima y de producto terminado, con la finalidad de determinar la reducción del conteo microbiano obtenida con el lavado, para compararla con los valores que se alcanzan actualmente en el proceso de la empresa.
6. Además de las determinaciones microbiológicas se evaluó el daño potencial de las sustancias desinfectantes en los vegetales, a través de la realización de pruebas sensoriales a los productos terminados.

3.6 EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO A TRAVÉS DEL PLC O UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

Para proponer la automatización de la dosificación de los agentes desinfectantes en las etapas de lavado se determinaron:

1. Las estrategias de control definiendo el objetivo de control del sistema.
2. La dinámica del proceso para modelar el proceso de desinfección en el lavado, fue estudiada, pero no se pudo determinar, debido a fallas en el sistema de dosificación que iba a ser utilizado en la realización de la prueba en escalón, la cual tenía la finalidad de permitir obtener los parámetros para estimar que tipo de controlador feedback se iba a seleccionar.
3. La acción del controlador en función de la seguridad y características del proceso.
4. El diagrama de flujo de la señal eléctrica (lazo de control) que permitió determinar el lazo de control.
5. Los tipos de sensores y actuadores necesarios para la totalidad del proceso en estudio, especificando si son digitales o analógicos y las variables que miden o accionan.
6. La instrumentación necesaria para el nuevo sistema de control, tomando en cuenta los rangos de operación de las variables a ser medidas, exactitud requerida y características inherentes al proceso, como requerimientos energéticos,

disponibilidad de espacio físico, corrosividad de las corrientes de proceso, flujos y las consideraciones económicas.

7. El elemento de interfase humana necesario, definiendo para qué se realiza la comunicación y cual fue la interfase seleccionada
8. Las señales que se llevarán al controlador lógico programable según sea entrada/salida (E/S) analógica o E/S digital.
9. Las características técnicas del controlador en base al número total de E/S digitales y analógicas y la selección de los modelos a proponer.
10. La evaluación económica para la adquisición del nuevo sistema de control, donde se compararon los costos relacionados a la instalación de un PLC con un sistema de dosificación, además se incluyó en dicho análisis las comparaciones de las prestaciones que ofrece cada equipo.
11. La propuesta de ubicación de los elementos del sistema de control verificando en planta la disponibilidad de espacio físico y justificando su ubicación en función de las características del sistema, dicha ubicación se plasmó en los DTI elaborados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

SECCIÓN DE RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DEL LAVADO

En este capítulo se presentan los resultados del estudio del proceso de desinfección de los vegetales mínimamente procesados, el cual fue enfocado hacia la optimización de la inocuidad de los vegetales. Se describirán todas las evaluaciones que permitieron llegar a las propuestas de mejoras y a la propuesta de automatización, pero también se describirán las evaluaciones de las nuevas sustancias desinfectantes.

4.1 SISTEMA DE LAVADO DE LOS VEGETALES EN EL PROCESO DE PRODUCTOS KELLY'S

La materia prima procesada en Productos Alimenticios Kelly's es principalmente: lechuga americana y romana, repollo blanco y morado, escarola, rábano, céleri, radiquio y zanahoria. Dichos vegetales y hortalizas son del tipo que está en contacto directo con el suelo durante su cultivo, por lo que es necesario realizar un lavado que permita eliminar restos de tierra, pequeños insectos y otros materiales orgánicos, así como reducir la carga microbiana en la superficie de los mismos. Esta característica de la materia prima hace que se requiera de más de una etapa de lavado durante la desinfección de los vegetales, por lo cual actualmente se cuenta con las siguientes etapas:

1. Prelavado por inmersión en tanques
2. Lavado, la cual se realiza en flujo continuo en el sistema de canal.

4.1.1 Prelavado por Inmersión

En esta etapa los vegetales se sumergen en los tanques de prelavado a condiciones de pH bajas de 4 – 5 y concentraciones de hipoclorito de calcio en el rango de 70-90 ppm. Los vegetales son agregados a los tanques e inmediatamente

extraídos, por lo que el tiempo de contacto con la solución desinfectante, está condicionada por la rapidez de los operarios, quienes retiran los vegetales de los tanques utilizando cestas plásticas (Ver figura N° 2).



Figura N° 2: Etapa actual de prelavado de los vegetales

Los tanques de prelavado son vaciados durante el proceso en función de la turbiedad que se observe en el agua, ya que por ser la primera etapa de lavado, es aquí donde se retiran los restos de tierra que pueden contener los vegetales.

4.1.2 Lavado en el Sistema de Canal con Reciclo

Esta sección de lavado fue diseñada para obtener una mejor desinfección de los vegetales y para poder retirar algún insecto que pueda estar adherido a la superficie de los vegetales, por lo que se cuenta con determinado tiempo de residencia, en la solución de lavado, y agitación, la cual es generada dentro de la canal por inyecciones de flujo ubicadas en la base de la misma. Sin embargo, el factor importante para obtener una desinfección óptima son los niveles de las sustancias desinfectantes, hipoclorito de calcio y ácido cítrico.

4.1.2.1 Condiciones de los Equipos del Sistema de la Canal de Lavado

Los equipos que constituyen la canal de lavado se encuentran en condiciones óptimas de operación, pero actualmente falta una de las bombas encargadas de enviar el flujo a la entrada de la canal, lo que hace que el flujo principal de la canal de lavado sea variable, lo cual es una perturbación para la automatización del proceso y además para el desempeño del lavado, puesto que las cargas de vegetales son lavadas con diferentes relaciones de agua/kg de producto y hay estudios donde se ha determinado que esta relación influye en la eficiencia de los procesos de desinfección con hipoclorito ¹¹.

Por otro lado, se presenta una constante obstrucción del filtro en línea que protege a los sensores del equipo clorinador. Esto debido al exceso de materia orgánica presente en la solución de lavado, la cual proviene de pequeñas partículas de vegetales que se generan al hacerles el corte a los mismos. Dicha materia orgánica tiende a acumularse en la solución de lavado porque la maya de acero inoxidable, que se encuentra debajo de la zaranda (Ver figura N° 3), al final de la canal no cubre el área total por donde pasa el agua de lavado, lo que permite que las partículas de vegetales también sean recirculadas, por lo que se recomendó ampliarla, ya que colocar un filtro en línea no es viable bajo estas condiciones, debido a que el mismo se obstruiría continuamente.



Figura N° 3: Zaranda vibratoria y tanque de recepción de la solución de lavado al final de la canal de lavado

4.1.2.2 Evaluación del Agua de Reciclo

Para determinar si existía acumulación de microorganismos debido al reciclo de agua en el sistema de canal de lavado, se realizó un muestreo de la solución desinfectante (agua de lavado que contiene hipoclorito de calcio y ácido cítrico) a la salida de la canal durante el proceso productivo. Este muestreo se ejecutó durante jornadas de trabajo y durante cuatro momentos diferentes durante el día, a fin de poder observar el cambio en los niveles microbianos en la solución de lavado a lo largo de la producción.

A las muestras tomadas se le determinaron los mismos niveles microbiológicos que se evalúan al producto terminado y los resultados se pueden observar en las tablas N° 3, N° 4 y N° 5, donde se presentan también las características fisicoquímicas y la hora de recolección de las mismas. La metodología para realizar evaluaciones microbiológicas en agua de proceso se puede observar en el Anexo N° 4. Cada muestra de agua de lavado fue sembrada en una placa de Petrifilm e incubada según el tiempo estimado para cada microorganismo (Ver Anexo N° 3).

Tabla N° 3: Resultados microbiológicos y parámetros determinados el día de muestreo N° 1

	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3	MUESTRA N° 4
Hora de toma	6:50 am	10:00 am	1:30 pm	4:05 pm
pH de la muestra (-)	6.10	6.01	6.03	6.02
Concentración de hipoclorito (ppm)	74.4	67.0	74.4	67.0
Mohos (ufc/ml)	<1	<1	<1	<1
Levaduras (ufc/ml)	<1	<1	<1	10
E. coli (ufc/ml)	<1	<1	<1	<1
Coliformes (ufc/ml)	<1	<1	<1	<1
Aerobios (ufc/ml)	<1	<1	<1	4

En la Tabla N° 3 se observa que el conteo microbiano fue cero a lo largo del todo día, ya que cuando se reporta menos que uno (<1) se refiere al mínimo que se puede leer en la placa de acuerdo a la dilución utilizada. En cambio, al final de la producción se encontraron unidades formadoras de levaduras y aerobios, pero en un conteo que no representa un nivel alarmante de contaminación, puesto que el valor recomendado para ambiente es de un máximo de 100 microorganismos no patógenos. Se puede señalar además que durante la toma de las muestras N° 2 y N° 4 se encontraba fuera de los parámetros mínimos la concentración de hipoclorito y sin embargo no se evidenció presencia excesiva de microorganismos vivos debido a este factor, lo que indica que el nivel de desinfección presente es al menos óptimo para eliminar los microorganismos presentes en la solución de lavado, más no así aquellos presentes en la superficie de los vegetales.

En la Tabla N° 4 se presentan los resultados que fueron obtenidos en un día de trabajo donde se procesaron vegetales con altas cargas microbianas, por lo que el consumo de hipoclorito fue mayor y además se presentaron mayores desviaciones de la variable concentración de hipoclorito.

**Tabla N° 4: Resultados microbiológicos y parámetros determinados el día de
muestreo N° 2**

	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3	MUESTRA N° 4
Hora de toma	7:35 am	10:45 am	1:30 pm	3:40 pm
pH de la muestra (-)	6.20	6.01	5.90	5.97
Concentración de hipoclorito (ppm)	37.2	70.7	55.8	60.0
Mohos (ufc/ml)	<1	<1	<1	5
Levaduras (ufc/ml)	<1	8	15	2
E. coli (ufc/ml)	<1	<1	<1	<1
Coliformes (ufc/ml)	<1	<1	<1	<1
Aerobios (ufc/ml)	<1	1	1	2

Los datos reportados en la Tabla N° 4 indican que no hubo acumulación significativa de microorganismos durante el proceso, pero si se encontraron aerobios y levaduras en la mayor parte del día, además se debe acotar que la concentración de hipoclorito estuvo muy fuera de rango (70-90 ppm) durante la mayor parte del día, lo que hace suponer que no se realizó una desinfección eficiente de los vegetales y efectivamente se encontró esta tendencia cuando se evaluó el producto terminado procesado este día, por lo que el bajo nivel desinfectante logró eliminar los microorganismos presentes en el agua de lavado, pero no los de la superficie de los vegetales.

En la Tabla N° 5 se reportan los conteos microbianos obtenidos de las muestras evaluadas en el día de muestreo N° 3.

**Tabla N° 5: Resultados microbiológicos y parámetros determinados el día de
muestreo N° 3**

	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3	MUESTRA N° 4
Hora de toma	9:00 am	12:35 am	3:30 pm	4:35 pm
pH de la muestra (-)	6.75	6.23	6.08	6.47
Concentración de hipoclorito (ppm)	74.4	41.0	52.1	52.1
Mohos (ufc/ml)	<1	<1	1	<1
Levaduras (ufc/ml)	<1	1	<1	<1
E. coli (ufc/ml)	<1	<1	<1	<1
Coliformes (ufc/ml)	<1	<1	<1	<1
Aerobios (ufc/ml)	<1	1	<1	1

Los resultados que se reportan en la Tabla N° 5 son los menores conteos microbianos obtenidos a lo largo de las evaluaciones realizadas.

En general de los resultados presentados se puede señalar que las muestras hacia el final del día siempre tuvieron presencia de aerobios, pero en un conteo que no representa un nivel alarmante de contaminación, que en los resultados presentados en las tablas N° 4 y N° 5 se observa la presencia de mohos y levaduras, los cuales pueden provenir del producto o del techo, ya que la canal de lavado se encuentra muy cercana a éste y debido a la humedad del ambiente y a la rugosidad del techo, hay formación de mohos.

Los resultados de las tablas N° 3, N° 4 y N° 5 indican que no hay acumulación significativa de microorganismos debido al reciclaje de agua, pero se recomienda hacer evaluaciones con otro método de conteo microbiano, para corroborar el resultado obtenido con las placas de Petrifilm, ya que se debe tener en cuenta que los bajos niveles de desinfectante que estuvieron presentes durante los días de las evaluaciones, parecían indicar una tendencia diferente para los conteos obtenidos.

4.1.2.3 Evaluación del Equipo Clorinador Strantrol

Esta evaluación se realizó con la finalidad de determinar si se podía efectuar el control del proceso tomando en cuenta la utilización de este equipo, sin embargo se llegó a la conclusión de que éste presenta fallas técnicas y deficiencias que no le permiten ejecutar el control de la dosificación del sistema de lavado. El clorinador Strantrol está constituido por el panel de control que se muestra en la Figura N° 4, en dicho panel se encuentran también los sensores de pH y ORP, los cuales permiten monitorear el proceso, además el equipo posee dos bombas dosificadoras, para el ácido cítrico y el hipoclorito de calcio, respectivamente. A continuación se describen las fallas y deficiencias que fueron determinadas en la evaluación.

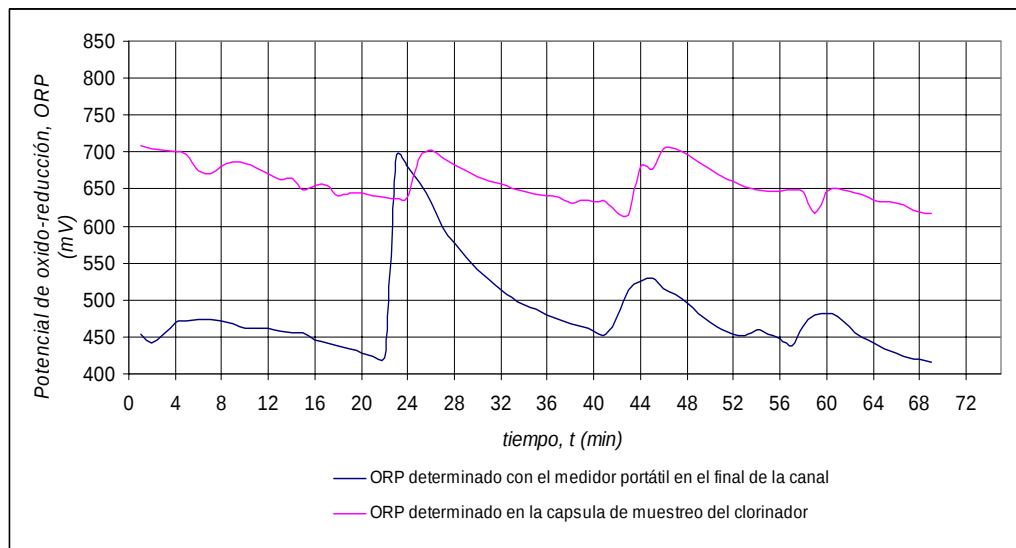


Figura N° 4: Equipo Clorinador de dosificación que posee actualmente la empresa

4.1.2.3.1 Deficiencias Técnicas:

Se han denominado deficiencias técnicas a las especificaciones del equipo clorinador que no permiten cumplir los requerimientos del proceso de lavado, pero además se consideró la ubicación inadecuada del mismo en la planta, dichas deficiencias son:

- Las bombas dosificadoras del sistema clorinador proporcionan sólo 0.125 lt/min, los cuales no son suficientes para cubrir los requerimientos del proceso, debido a que cuando se está lavando un producto con una alta carga microbiológica, se requieren dosificaciones de hasta 1 lt/min, para mantener el nivel óptimo de desinfección, es por ello que se hacía necesario dosificar de forma manual, aún cuando funcionaba el clorinador.
- Las especificaciones técnicas del equipo Strantrol aseguran que puede retornar la química del agua a las condiciones de desinfección requeridas en menos de 1 hora, pero las características del proceso requiere que sea en pocos minutos, ya que si se procesan 15 kg/min, cada minuto fuera de especificación está poniendo en riesgo la desinfección del producto, lo que se traduce en 900 kg de producto sometidos a un lavado insuficiente durante una hora.
- Existe un tiempo muerto de aproximadamente 3 minutos, en los valores reportados en la pantalla del clorinador, debido a que los sensores se encuentran ubicados junto al panel de control (Ver figura N° 4), alejados del sistema de lavado. Por lo que, aunque se está dosificando directamente en el tanque de la zaranda, donde se encuentra la toma de muestra que va al equipo clorinador, se presenta un retardo en la respuesta de los sensores frente a cambios, debido a que la tubería realiza un recorrido muy largo para llegar al panel de dicho equipo, esto se puede observar en la Gráfica N° 2.



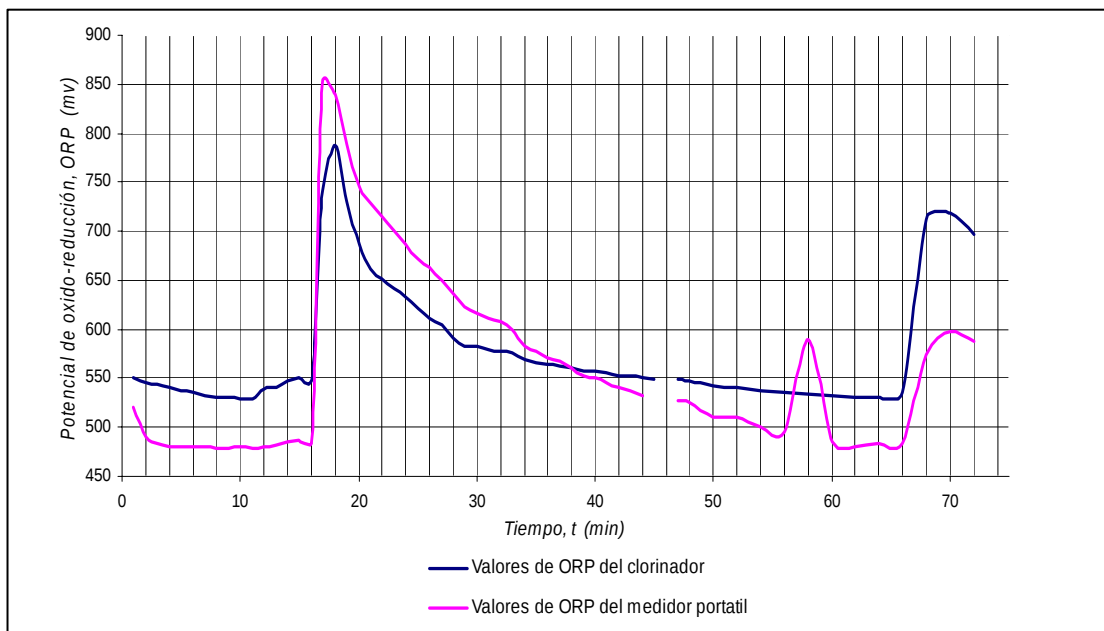
Grafica N° 2: Evaluación de la diferencia en los valores de ORP determinados por el sensor del clorinador y un medidor portátil ubicado en el tanque de proceso

- La diferencia en los valores de ORP reportados en la gráfica N° 2 es muy grande, lo que se atribuye al exceso de materia orgánica que está presente en el agua de lavado, debido a que esta es reducida, a través de un filtro tipo cesta, antes de entrar en la probeta donde se encuentran los sensores en el clorinador, pero las muestras sensadas con el medidor portátil no fueron filtradas, puesto que se tomaron directamente a la salida de la canal de lavado, y es precisamente esta diferencia en el contenido de materia orgánica lo que varia los niveles de desinfección del hipoclorito. Por otro lado, este factor también lleva a la deducción de que los valores reportados en el clorinador serán más altos que los que realmente están presentes en la solución de lavado, cuando haya exceso de materia orgánica en el agua de lavado.

4.1.2.3.2 Fallas Técnicas:

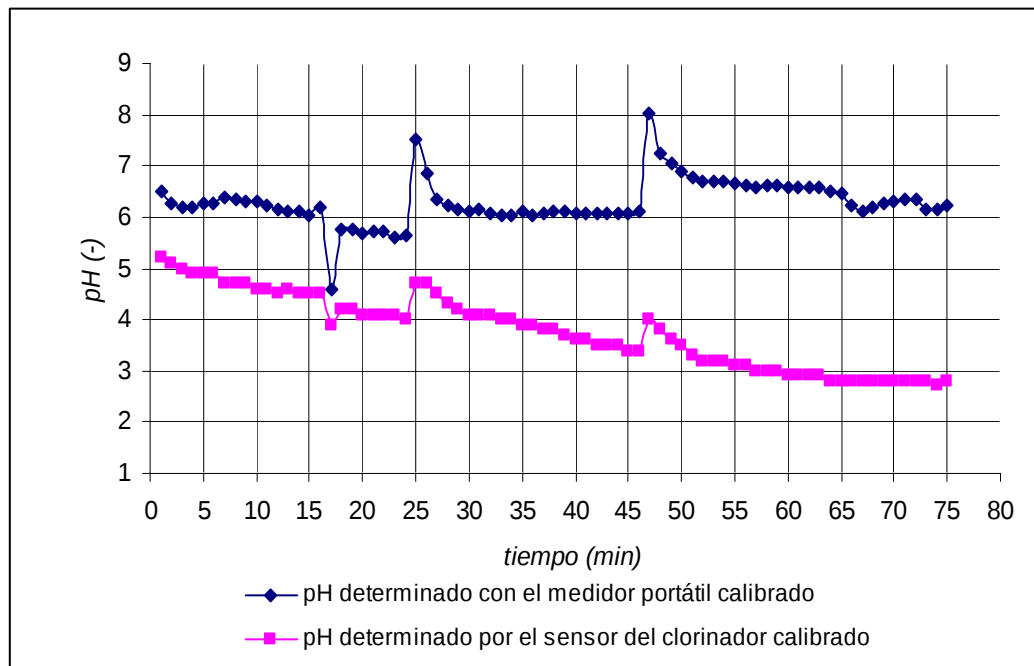
Estas fueron evaluadas luego de la calibración del electrodo nuevo de pH del equipo clorinador, de la realización de un mantenimiento en los componentes eléctricos del equipo y en base al seguimiento del comportamiento del equipo clorinador frente a las condiciones de proceso. Además, se utilizó una instrumentación portátil calibrada y nueva para tener los valores de referencia de pH y de potencial de oxido-reducción (ORP). Las fallas técnicas determinadas son:

- Cuando se evaluaron los valores que se obtienen con el sensor de ORP del clorinador utilizando un medidor de ORP portátil, se presentaron desviaciones de hasta un 11 % (Ver la Grafica N° 3), pero a diferencia del caso de la Grafica N° 2, las muestras fueron tomadas en el mismo punto, después del filtro del clorinador en el panel del clorinador. En este caso se observó una reducción de las desviaciones, lo cual indica que los valores de ORP sensados y reportados en el clorinador son correctos y por tanto este sensor no presenta fallas técnicas.



Grafica N° 3: Evaluación del sensor de ORP del clorinador a través de la toma de muestras en la capsula de muestreo del equipo

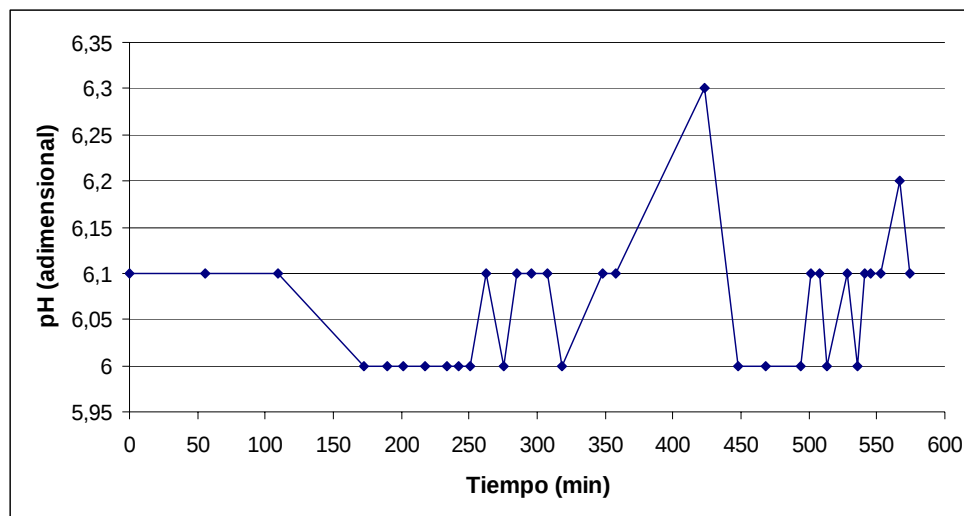
- La evaluación del sensor de pH del clorinador, utilizando un medidor portátil, permitió corroborar la gran desviación que presentan los valores reportados por el sensor del clorinador, la cual está generando una alarma en el equipo que detiene la dosificación de ácido, debido a que los valores que reporta la consola del clorinador están fuera del rango de trabajo. Se debe apuntar que cuando el electrodo del clorinador se conecta al equipo portátil se obtienen los mismos valores que genera su electrodo original, pero con un tiempo de respuesta muy largo. En la Gráfica N° 4 se presenta la tendencia a la desviación que posee el sensor de pH en el clorinador, lo cual indica que este sensor presenta fallas técnicas, las cuales deben estar asociadas a fallas del equipo Strantrol, ya que el comportamiento del mismo fuera del equipo es correcto, con lo que se verifica que el equipo Strantrol presenta fallas técnicas que no le permiten controlar el sistema de lavado, por lo que debe ser reemplazado.



Gráfica N° 4: Evaluación del sensor de pH del clorinador a través de la toma de muestras en la cápsula de muestreo del equipo clorinador

4.1.2.4 Evaluación de la Dosificación Manual que se Realiza Actualmente

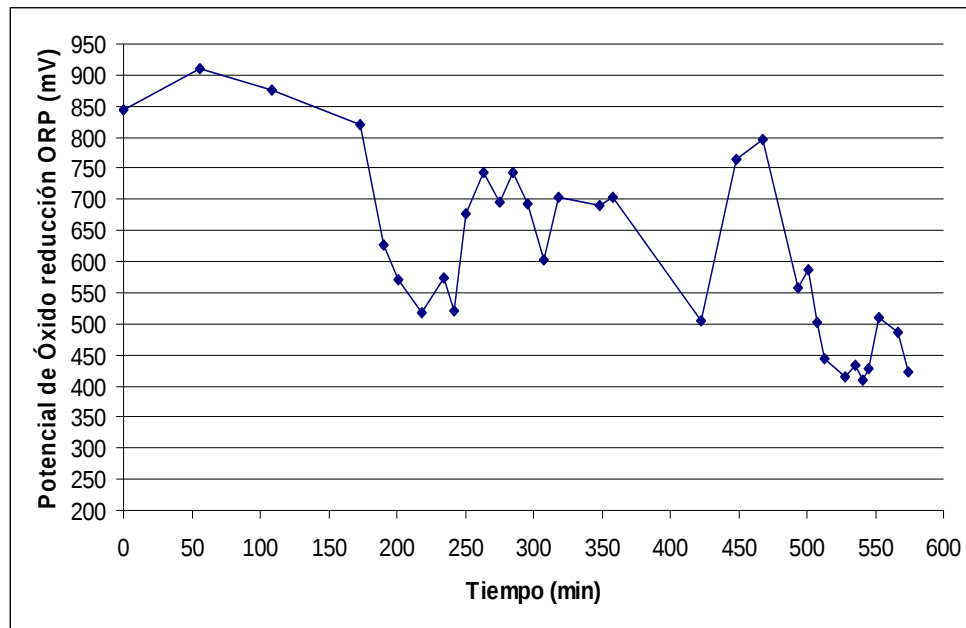
Para evaluar la eficiencia de la dosificación manual, la cual es la forma de dosificación actual, se presentan las gráficas N° 5 y N° 6, donde se evidencia el comportamiento típico de las variables sensadas en el lavado durante producción, las cuales son el ORP y el pH.



Gráfica N° 5: Comportamiento del pH durante el proceso dosificado por operarios

La Gráfica N° 5 muestra que la tendencia a la desviación del pH no fue significativa, ya que el punto de control del proceso es de un pH de 6,0, sin embargo se debe recordar que la función de control de pH es secundaria ya que lo que se pretende con esta variable es mantener el rango óptimo para la formación de la especie más oxidativa del hipoclorito de calcio. Sin embargo, si se logra contar con un sistema de control eficiente se puede trabajar el proceso a pH más bajos lo que favorecerá al menor consumo de hipoclorito de calcio.

La siguiente gráfica que se presenta indica el comportamiento promedio de la variable ORP durante el proceso de lavado con dosificación manual.



Gráfica N° 6: Trazabilidad de la variable ORP durante el proceso dosificando por medio de operarios

La Gráfica N° 6 muestra la tendencia característica de un sistema fuera de control, donde la mayor parte del tiempo la dosificación realizada por operarios es muy por encima o por debajo del punto de control que se requería, que era en este caso de 750 mV. Este comportamiento indica la necesidad de controlar esta etapa del proceso con un sistema automatizado, a fin de evitar la dosificación excesiva y los puntos muy alejados del rango óptimo de la variable, necesario para garantizar la desinfección de los vegetales.

Dentro de las evaluaciones realizadas a la dosificación manual se revisaron también los procedimientos utilizados para el monitoreo de la concentración del hipoclorito de calcio, realizados en el laboratorio de calidad, y se encontró que éste presentaba fallas, las cuales fueron corregidas (Ver el Anexo N° 5).

SECCIÓN DE RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LAS SUSTANCIAS DESINFECTANTES PROPUESTAS

4.2 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE NUEVAS SUSTANCIAS PARA DESINFECTAR LOS VEGETALES

Previo a la realización de las pruebas en escala piloto del clorito de sodio acidificado y el ácido peracético, se efectuó la determinación de la eficiencia de la etapa de lavado actual, para lo cual se realizaron evaluaciones microbiológicas a la materia prima y al producto terminado, determinándose las reducciones de la carga microbiana, pero debido a las variaciones que se obtienen actualmente en la eficiencia de la desinfección, en las tablas donde se presenten los resultados del lavado actual se mostrarán los valores máximos y mínimos que fueron obtenidos.

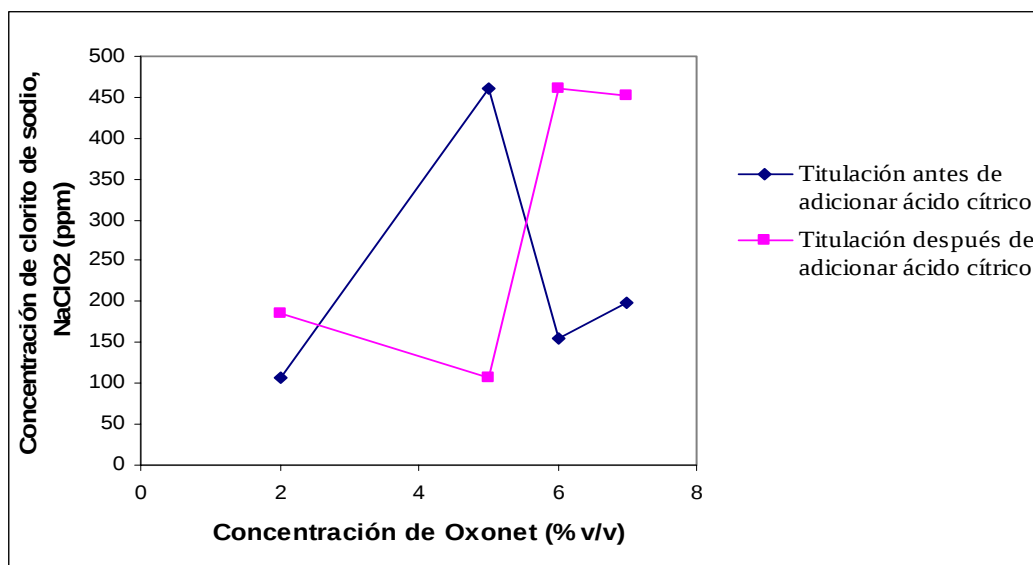
La investigación sobre opciones al hipoclorito de calcio como desinfectante llevó a sugerir la evaluación de la eficiencia del clorito de sodio acidificado y del ácido peracético, debido a que las investigaciones recientes los señalan como excelentes opciones para desinfectar vegetales mínimamente procesados y los resultados de trabajos científicos reportan altos niveles de reducción en la carga microbiana utilizando dichas sustancias. Las muestras evaluadas fueron los productos de Ecolab, Oxonia, el cual es un agente desinfectante a base de ácido peracético y Oxonet, el cual contiene el clorito de sodio que fue acidificado durante las pruebas, utilizando ácido cítrico.

Las concentraciones de clorito de sodio fueron seleccionadas para abarcar dos límites del rango recomendado por las normativas internacionales, para trabajar con esta sustancia en el lavado de vegetales; en cambio el ácido peracético se evaluó a la máxima concentración permitida, debido a que sus beneficios como desinfectante no radican en su potente acción bactericida, sino en la mejora que da a las condiciones de trabajo, debido a que no forma la cantidad de compuestos secundarios que se forman con el hipoclorito.

Para dosificar durante las pruebas pilotos y obtener las concentraciones seleccionadas para las sustancias, fue necesario construir unas curvas de titulación para obtener una relación lineal entre la concentración volumétrica del desinfectante

comercial y la concentración de la sustancia activa que se pretendía evaluar (Ver en el Anexo N° 6 la curva lineal obtenida para el ácido peracético y en los Anexos N° 7 y N° 8 las propiedades de los desinfectantes evaluados y los métodos utilizados para las titulaciones). Las curvas de titulación se construyeron con los valores promedios obtenidos de las titulaciones que fueron realizadas por duplicado.

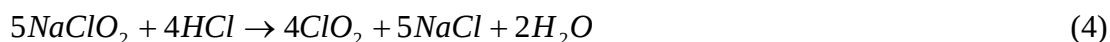
La realización de la curva de titulación para el clorito de sodio generó problemas debido a que esta sustancia es inestable a altas temperaturas y a la exposición a la luz solar. Cuando se trató de obtener la relación lineal para la primera muestra evaluada los resultados no presentaron la tendencia esperada, como se puede observar en la Gráfica N° 7.



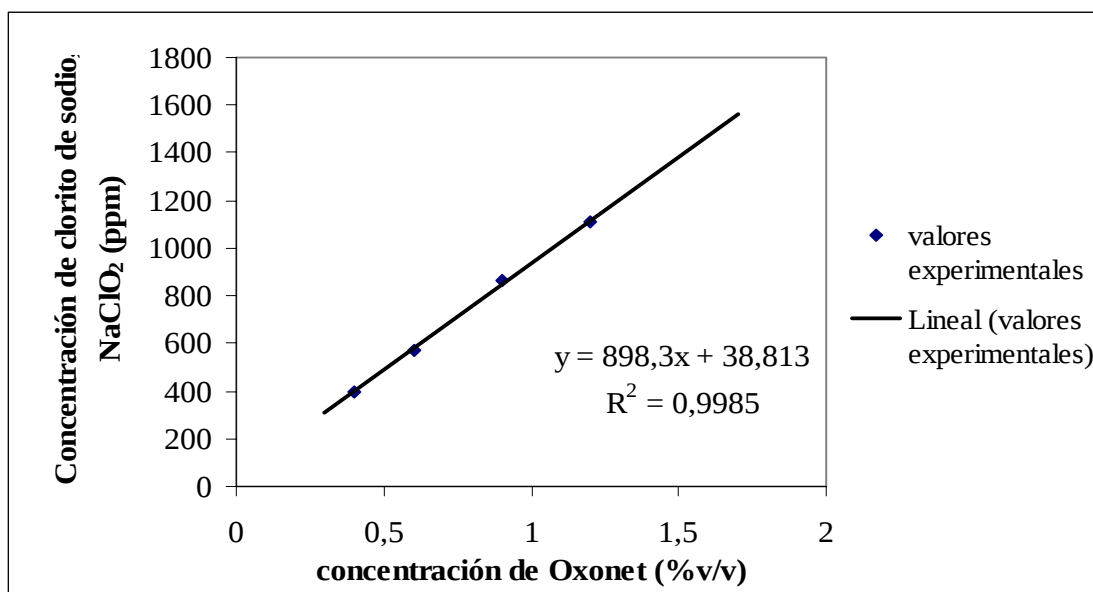
Gráfica N° 7: Relación Concentración de Oxonet - Concentración de Clorito de Sodio con una solución inestable

Para verificar donde se encontraba el problema que estaba haciendo inestable a la solución de clorito de sodio se tituló antes de adicionar el ácido cítrico y después de la acidificación, ya que era en este momento donde se volatilizaban sustancias compuestas por cloro, sin embargo la no linealidad de la gráfica no señaló ninguna tendencia. Luego se planteó la hipótesis de que podía estarse formando dióxido de cloro debido al olor de las sustancias que se desprendían y a que en el procedimiento

de titulación incluía la utilización de ácido clorhídrico. La siguiente reacción era la que se estimaba que estaba ocurriendo ²⁷:



Pero la cinética de esta reacción se favorece con temperaturas entre 15 – 35°C y se realizó la titulación a aproximadamente 8°C y continuaba liberándose de forma inmediata el cloro presente en la muestra, lo cual era corroborado colocando una cinta indicadora de cloro a la entrada de la fiola donde se estaba realizando la titulación. Dicha cinta permitía lecturas entre 100-500 ppm y la coloración que adquiría al adicionarse el ácido clorhídrico durante la titulación, indicaba la máxima concentración. Debido a esto se solicitó una nueva muestra de Oxonet a Ecolab y se logró elaborar la Gráfica N° 8, por lo que se llegó a la conclusión de que la muestra anterior se había desestabilizado de alguna manera producto de su exposición a altas temperaturas durante el traslado de la muestra desde Valencia a la empresa. ²⁷



Gráfica N° 8: Relación Concentración de Oxonet - Concentración de Clorito de Sodio

Durante la titulación de esta segunda muestra no se observó liberación de compuestos de cloro, puesto que las cintas indicadores de cloro no adquirían ninguna

coloración y a las concentraciones trabajadas el clorito de sodio sólo presentó un muy ligero olor a cloro y de hecho durante las pruebas en escala piloto el olor a cloro fue casi imperceptible.

Para las pruebas en escala piloto de las sustancias planteadas se tomó una relación de agua de lavado por cantidad de producto a trabajar, mayor que la recomendada en la bibliografía, debido a que se utilizó un tanque de 120 litros de capacidad y al utilizar 10 litros de agua por kilogramo de producto el nivel del tanque era muy bajo. La relación utilizada fue de 15 lt/kg de producto ³.

Las evaluaciones fueron efectuadas en tres de los principales productos de la empresa, los cuales son:

- Lechuga americana cortada a cuadros, producto del medio en la Figura N° 5.
- Ensalada constituida por: repollo blanco, repollo morado y zanahoria, producto de la derecha de la Figura N° 5.
- Ensalada constituida por: lechuga americana, lechuga romana, radiquio y zanahoria, producto a la izquierda de la Figura N° 5.



Figura N° 5: Productos evaluados en las pruebas para determinar la eficiencia del clorito de sodio y del ácido peracético

De estos tres productos los dos primeros fueron procesados en escala piloto en cinco líneas de producción diferentes, las cuales incluyeron lavado con hipoclorito de calcio, para tener un punto de comparación en las pruebas sensoriales de los

productos finales. Por otro lado, en la evaluación de la ensalada de lechuga americana-romana, radiquio y zanahoria, no se realizaron pruebas con hipoclorito de calcio, porque se determinó durante las primeras evaluaciones que las propiedades organolépticas de las muestras lavadas con clorito de sodio acidificado y ácido peracético eran siempre superiores que las obtenidas con hipoclorito y por tanto no se requería de punto de referencia.

Los tiempos de contacto a los que se sometieron los productos en las pruebas pilotos, fueron algo mayores a los determinados para las nuevas etapas y al de la canal actual, debido a que se estimó que la agitación, producto de la turbulencia en las canales, mejora el lavado y además porque se ha reportado que la acción desinfectante del clorito de sodio no mejora a mayores tiempos de residencia, es decir que pequeñas variaciones del tiempo de residencia no generarían perturbaciones en los resultados de la desinfección ¹⁵.

Para determinar la reducción de la carga microbiana en los vegetales se evaluó una porción de la materia prima utilizada y una muestra del producto terminado, en cada una de las pruebas pilotos, donde se hubiese utilizado solamente las sustancias en evaluación, lo cual produjo un margen de error al no poder realizarse las pruebas por duplicado, pero debido a consideraciones económicas debió aceptarse la posibilidad del error. Esto afectó además el análisis de las evaluaciones sensoriales, las cuales sólo pudieron ser utilizadas para determinar daños en las propiedades organolépticas de los vegetales, pero sin considerar la relación con el factor microbiológico, puesto que éste no presentaba la confiabilidad necesaria para realizar afirmaciones respecto a su relación con el factor sensorial. Sin embargo, el poder determinar los factores sensoriales fue de gran importancia, porque produjo la información clave, la cual era el conocer que las nuevas sustancias no dañaban la calidad de los vegetales.

Para determinar la cantidad de diluciones que había que realizar para obtener un conteo en la carga microbiana inicial, se efectuaron evaluaciones preliminares de la materia prima haciendo siembras de ésta en rangos de dilución de 10^{-1} hasta 10^{-8} ,

es decir hasta diluciones de 8 veces la solución patrón (Ver procedimiento de dilución en el Anexo N° 3).

Las variables de proceso controladas durante las pruebas, además de la concentración del desinfectante y la relación de agua por kilogramo de producto procesado fueron el pH, el ORP, el tiempo de contacto y la temperatura del agua de lavado. Las operaciones adicionales al lavado fueron realizadas en las mismas condiciones y equipos que se utilizan para la producción en la planta, pero realizando una sanitización previa en cada caso, a fin de evitar la contaminación cruzada.

4.2.1 Pruebas Piloto del Lavado de la Lechuga a Cuadros

La lechuga a cuadros fue procesada en cinco líneas de producción diferentes, las cuales se presentan en la Figura N° 6:

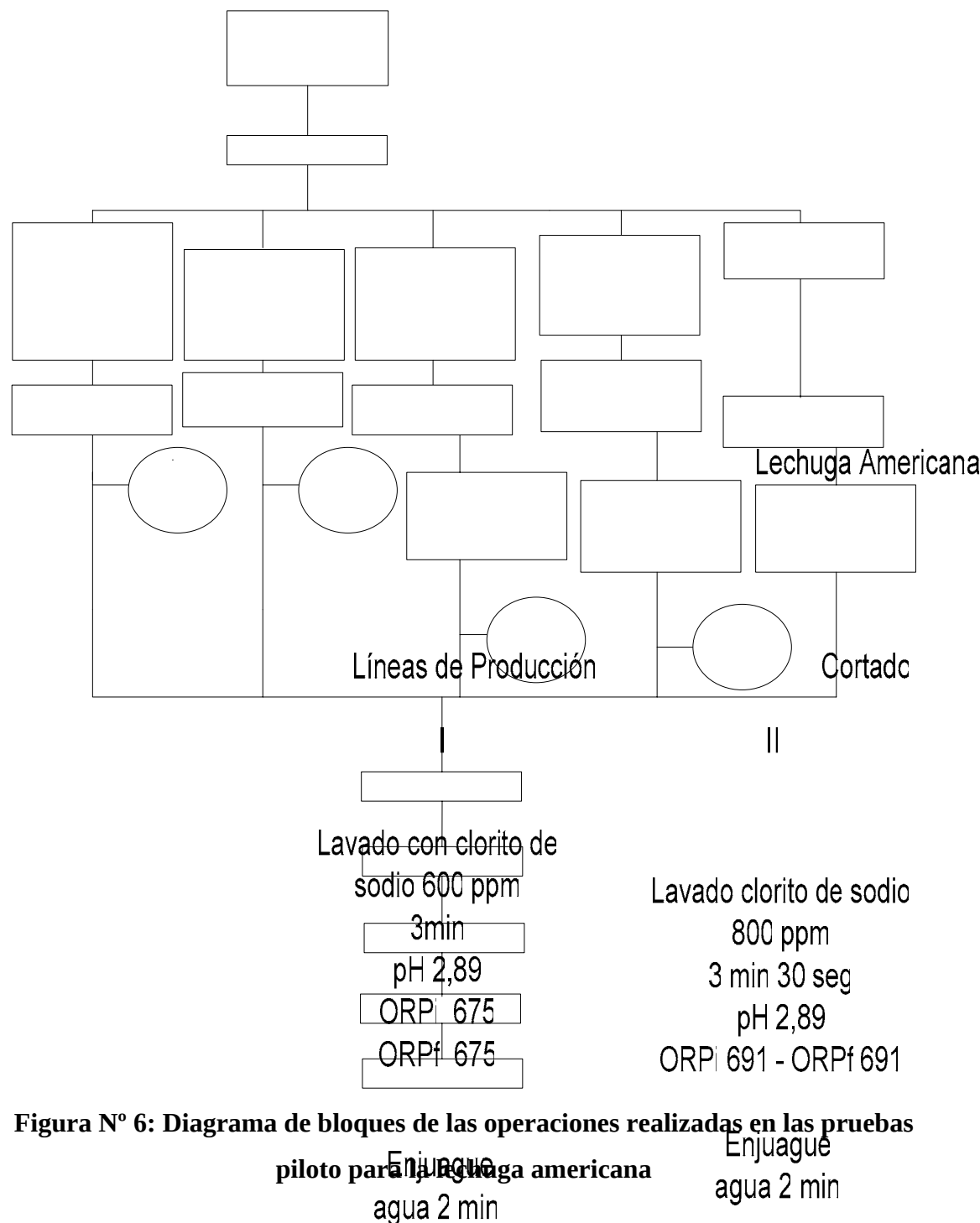


Figura N° 6: Diagrama de bloques de las operaciones realizadas en las pruebas piloto para la lechuga americana

Los resultados del conteo de la carga microbiana inicial de la lechuga americana utilizada en esta prueba se presentan en la Tabla N° 6. En la evaluación de este vegetal se utilizaron dos lotes de materia prima diferentes uno para las líneas de producción de la I a la IV y otro en la línea de producción V. En cada línea el producto fue elaborado simulando las condiciones de proceso correspondientes, según la línea, y siguiendo las especificaciones de los productos elaborados en la empresa.

Tabla N° 6: Conteo Microbiano Total de la Lechuga Americana Antes del Lavado

Microorganismos	Materia Prima de las Líneas I a IV	Materia Prima de la Línea V
Aerobios (ufc/g)	44000000	18800
E. coli (ufc/g)	$<1*10^6$	<100
Coliformes (ufc/g)	$<1*10^6$	500
Mohos (ufc/g)	31000	200
Levaduras (ufc/g)	2000	100

Es importante observar la variación en la carga microbiana que presenta la materia prima, lo cual es una característica de proceso que hace variable la necesidad de dosificación en el lavado. Por otro lado, los resultados reportados como menos de $1*10^6$ ó de 100 se deben a que la placa que dio un conteo de cero microorganismos contenía una muestra diluida en el orden de magnitud de 10^{-6} y 10^{-2} , respectivamente.

En la Tabla N° 7 se pueden ver los conteos totales de la carga microbiana de la lechuga después de procesada y en la Tabla N° 8 se indican los promedios de reducción microbiana máximos y mínimos, que se alcanzan actualmente en el lavado realizado en la planta.

Tabla N° 7: Conteo Microbiano Total y Unidades de Reducción de Conteo Microbiano (URCM) de la Lechuga Americana Después de Procesada

Microorganismo Límite Sugerido / Para URCM	Aerobios (ufc/g) 10.000 ufc/g / (-)	E. coli (ufc/g) 43 /g / (-)	Coliformes (ufc/g) 43 /g / (-)	Mohos (ufc/g) 500 ufc/g / (-)	Levaduras (ufc/g) 500 ufc/g / (-)
Lavado 600 ppm de clorito de sodio acidificado	500	<10	<10	<10	<10
URCM 600 ppm	4.9	-	-	4.5	3.3
Lavado 800 ppm de clorito de sodio acidificado	<10	<10	<10	<10	<10
URCM 800 ppm	7.6	-	-	4.5	2.3
Lavado 90 ppm de ácido peracético	MNPC	<10	<10	<10	<10
URCM 90 ppm	-	-	2.7	2.3	2.0

Nota: MNPC: Muy numeroso para contar.

Tabla N° 8: Características de la eficiencia de las etapas de lavado actuales expresadas en términos de unidades de reducción de conteo microbiano (URCM)

Eficiencias	Aerobios mesófilos URCM (-)	E.coli URCM (-)	Coliformes URCM (-)	Mohos URCM (-)	Levaduras URCM (-)
Lechuga a Cuadros					
Eficiencia máxima	5,0	-	-	3,5	2,3
Eficiencia mínima	2,7	-	-	1,9	0,6

En la Tabla N° 7 se observa que el lavado con el clorito de sodio acidificado redujo casi completamente toda la carga microbiana presente, dando en el caso del

lavado a 800 ppm mayores que las URCM que se alcanzan con el hipoclorito actualmente utilizado. En cuanto al lavado realizado con ácido peracético, este generó en el conteo microbiano final un resultado de muy numeroso para contar, lo que indica que hubo una carga mayor a la que se podía estimar en el rango de la placa de petrifilm, esto se puede atribuir a una contaminación después del lavado, ya que la carga inicial en aerobios fue del mismo orden a la final y no tiene sentido que después de lavado el producto tenga exactamente la misma carga microbiana inicial; aunque también está presente la posibilidad de la presencia de un error en el ensayo, debido a que las pruebas no fueron realizadas por duplicado.

Los niveles de reducción microbiológica alcanzados con el clorito de sodio acidificado estuvieron cerca e incluso sobrepasaron el valor óptimo recomendado por la FDA de 5 URCM, lo cual lo señala como un excelente desinfectante, al menos para este producto evaluado, además se debe considerar que permitió reducir una alta carga inicial de aerobios.²⁸

Se puede señalar también a partir de la Tabla N° 7 que los valores que no llegaron a ser de un conteo de cero microorganismos fueron conteos microbianos que están muy alejados de los límites sugeridos por los laboratorios certificados en Venezuela, ya que actualmente no se cuenta con una norma que establezca cuales deben ser los límites de microorganismos en los vegetales mínimamente procesados.

Respecto a la Tabla N° 8 se puede señalar que los valores de eficiencia máximos alcanzados actualmente con el hipoclorito de calcio fueron superados por los obtenidos con el clorito de sodio acidificado a 800 ppm, para todos los microorganismos. Por otro lado, las URCM alcanzadas en mohos y levaduras fueron mayores en todos los casos de evaluaciones de las nuevas sustancias, en comparación con los obtenidos en el lavado actual, lo que indica que en condiciones piloto el ácido peracético y el clorito de sodio acidificado tienen un mejor desempeño como desinfectantes, cuando se trata la lechuga americana.

4.2.2 Pruebas Piloto del Procesamiento de la Ensalada de Repollo Blanco Repollo Morado y Zanahoria

En la Figura N° 7 se presentan los parámetros de proceso determinados para todas las líneas de producción simuladas a las que fue sometida esta ensalada.

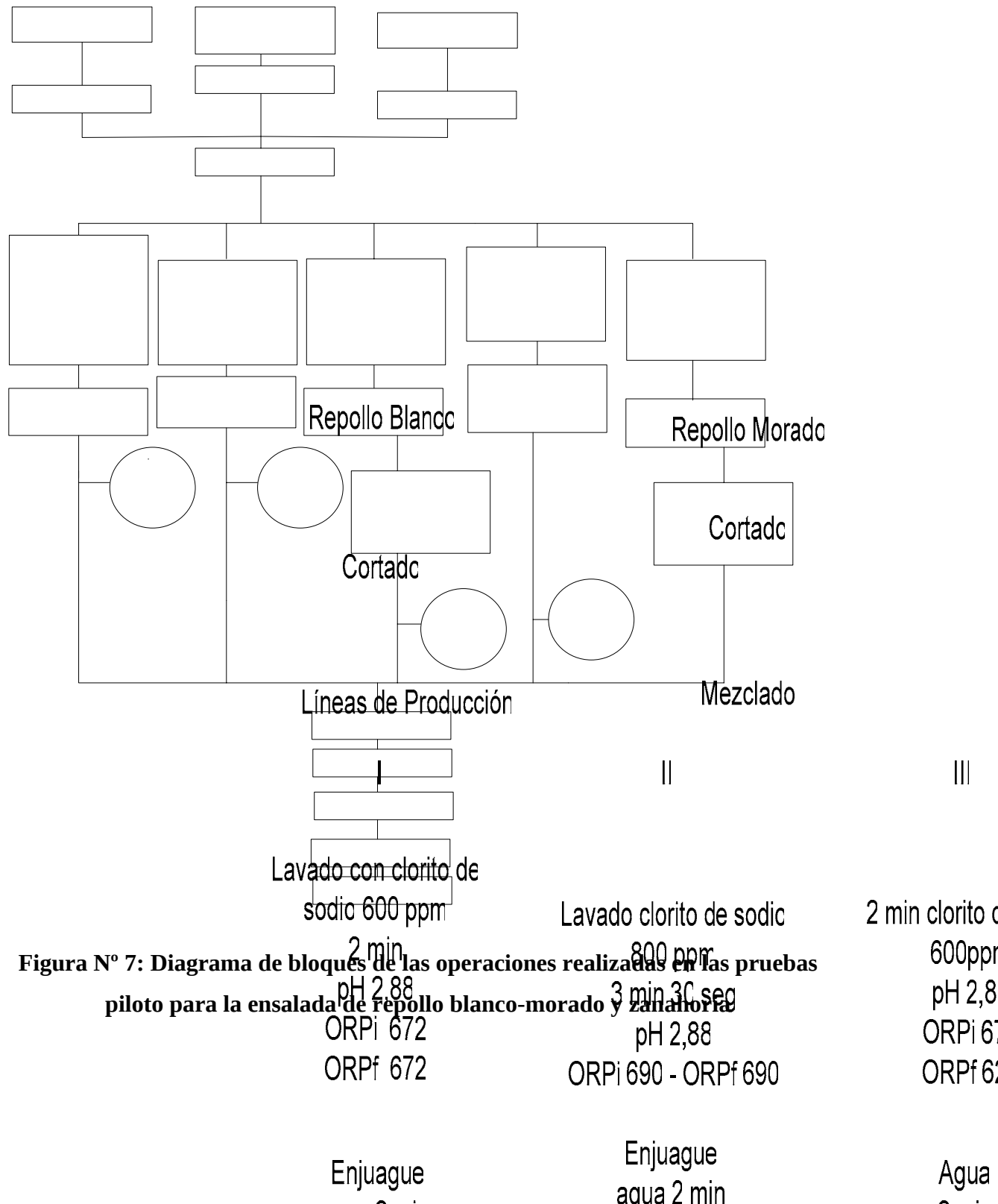


Figura N° 7: Diagrama de bloques de las operaciones realizadas en las pruebas piloto para la ensalada de repollo blanco-morado y zanahoria

La variación que presentan todas las líneas de producción trabajadas en escala piloto, respecto al proceso actual de la empresa, es que no se realizó prelavado antes del cortado de los vegetales y esto se debe a que en estas evaluaciones se pretende simular la configuración de proceso que se tendrá una vez instalados los equipos de las nuevas etapas.

Se debe destacar que tanto el clorito de sodio acidificado como el ácido peracético son agentes desinfectantes oxidantes, sin embargo el potencial de óxido reducción (ORP) alcanzado por estas soluciones es mucho más bajo que los valores asociados al hipoclorito de calcio. De hecho los valores de ORP con el ácido peracético son menores que los del agua pura, por lo que habrá que analizar el efecto de este parámetro de proceso en el resultado final. Lo que sugiere la bibliografía en caso de bajos niveles de ORP, es la ampliación del tiempo de contacto del desinfectante con el producto, por lo que los tiempos de lavado con ácido peracético se extendieron a 5 minutos, pero también se debe considerar que la bibliografía no recomienda utilizar el ORP como parámetro confiable para controlar la desinfección con ácido peracético²⁰.

En la Tabla N° 9 se presentan los conteos totales para los microorganismos evaluados en la materia prima y se puede señalar que en este caso la materia prima presentó conteos muy cercanos en órdenes de magnitud para aerobios y del mismo orden para los mohos y levaduras.

Tabla N° 9: Conteo Microbiano Total de la mezcla de Repollo Blanco -Repollo Morado - Zanahoria Antes del Lavado

Microorganismos	Materia Prima de las Líneas I a III	Materia Prima de las Líneas IV y V
Aerobios (ufc/g)	400000	10000
E. coli (ufc/g)	$<1*10^4$	<100
Coliformes (ufc/g)	$<1*10^4$	100
Mohos (ufc/g)	50	30
Levaduras (ufc/g)	190	200

El resultado del conteo total para los productos desinfectados con clorito de sodio acidificado y ácido peracético se muestra en la Tabla N° 10 y los valores correspondientes al proceso en la Tabla N° 11.

Tabla N° 10: Conteo Microbiano Total y Unidades de Reducción de Conteo Microbiano (URCM) de la Mezcla de Repollo Blanco -Repollo Morado - Zanahoria Después de Procesada

Microorganismo Límite Sugerido / Para URCM	Aerobios (ufc/g) 10.000 ufc/g / (-)	E. coli (ufc/g) 43 /g / (-)	Coliformes (ufc/g) 43 /g / (-)	Mohos (ufc/g) 500 ufc/g / (-)	Levaduras (ufc/g) 500 ufc/g / (-)
Lavado 600 ppm de clorito de sodio acidificado	50	<10	<10	<10	<10
URCM 600 ppm	3.9	-	-	1.7	2.3
Lavado 800 ppm de clorito de sodio acidificado	10	<10	<10	<10	<10
URCM 800 ppm	4.6	-	-	1.7	2.3
Lavado 90 ppm de ácido peracético	12	<10	<10	<10	<10
URCM 90 ppm	2.9	-	2.0	1.5	2.3

Tabla N° 11: Características de la eficiencia de las etapas de lavado actuales expresadas en términos de unidades de reducción de conteo microbiano (URCM)

Eficiencias	Aerobios mesófilos URCM (-)	E.coli URCM (-)	Coliformes URCM (-)	Mohos URCM (-)	Levaduras URCM (-)
Ensalada de Repollo Blanco Morado y Zanahoria					
Eficiencia máxima	1,9	-	-	0,7	1,3
Eficiencia mínima	0,7	-	-	-	0,2

En la Tabla N° 10 se observa la tendencia del clorito de sodio acidificado, a 800 ppm, de alcanzar la mayor reducción de la carga microbiana, al igual sucedió con la lechuga a cuadros. En lo que se refiere al lavado con el ácido peracético se tiene que produjo una reducción de la carga microbiana similar al clorito de sodio, utilizado a una concentración de 800 ppm, lo cual podría ser producto del tiempo de contacto, que fue en este caso de 5 minutos, o a que la carga inicial fue más baja que en el caso de la lechuga americana.

Los niveles de reducción alcanzados en todos los casos están muy alejados de los límites sugeridos, aunque las URCM no sean muy elevadas, lo cual se debe a la baja carga inicial, pero sin duda los resultados de este producto procesado en escala indica un lavado óptimo.

Por otro lado se observa que para este producto la reducción microbiana fue en todos los casos mayor a la que se máxima que se obtiene con el lavado de proceso actual, lo cual indica que la desinfección a escala piloto fue más eficiente que el mejor lavado realizado en escala de producción (Ver Tabla N° 11).

4.2.3 Pruebas Piloto del Procesamiento de la Ensalada de Lechuga Romana – Lechuga Americana – Radiquio y Zanahoria

Esta ensalada sólo fue procesada en escala piloto utilizando el clorito de sodio acidificado y ácido peracético, como puede verse en la Figura N° 8:

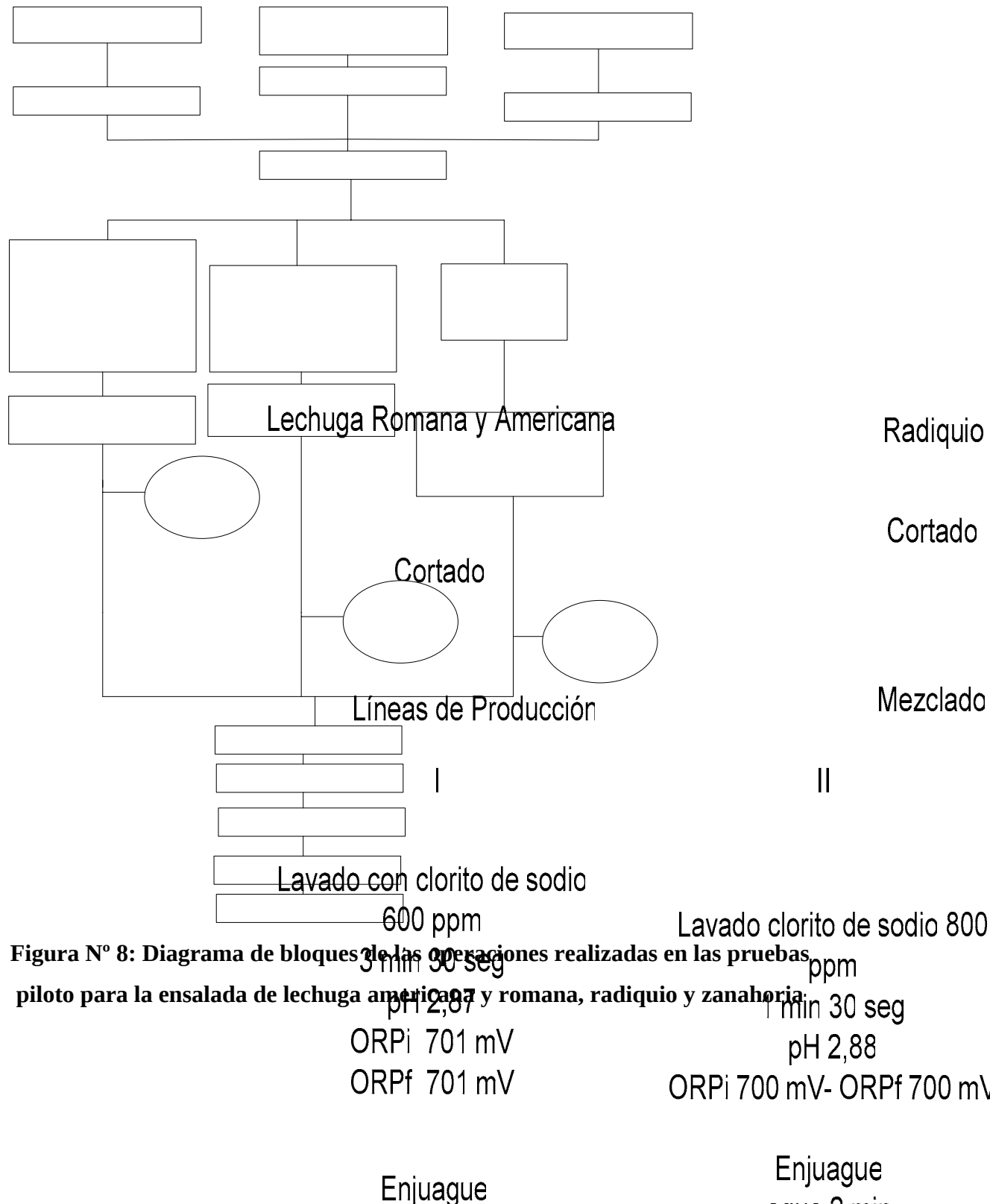


Figura N° 8: Diagrama de bloques de las operaciones realizadas en las pruebas piloto para la ensalada de lechuga americana y romana, radiquio y zanahoria:

ORPi 701 mV
ORPf 701 mV

Lavado clorito de sodio 800 ppm
1 min 30 seg
pH 2,88
ORPi 700 mV- ORPf 700 mV

Enjuague

Enjuague
con agua 2 min

Al observar los parámetros de proceso determinados durante las pruebas se debe puntualizar que los potenciales de óxido reducción (ORP) de los lavados con el clorito de sodio acidificado no variaron luego de procesar la carga, lo que hace suponer que con esa solución de lavado al menos se podría lavar otra carga más, ya que esta sustancia oxidativa puede ser monitoreada, desde el punto de vista de niveles de desinfección, utilizando el ORP. Además se debe señalar que el valor de 700 mV está dentro del rango óptimo para la desinfección según diversos estudios que señalan como valor mínimo 650 mV ²⁰.

Para las tres líneas de producción se utilizó el mismo lote de materia prima, cuyos resultados de conteo microbiológico inicial se presentan en la Tabla N° 12.

Tabla N° 12: Conteo Microbiano Total de la Mezcla de Lechuga Americana – Lechuga Romana – Zanahoria- Radiquio Antes del Lavado

Microorganismos	Materia Prima de las Líneas I a III
Aerobios (ufc/g)	80000
E. coli (ufc/g)	<1*10 ⁴
Coliformes (ufc/g)	100000
Mohos (ufc/g)	700
Levaduras (ufc/g)	5300

En este caso se debe señalar la alta carga inicial de coliformes presentes en la materia prima, lo que sugiere la presencia también de E. coli, aunque no se pudo determinar un conteo con las diluciones que fueron sembradas en placas de petrifilm. El alto nivel de coliformes sugiere que esta materia prima fue cosechada sin apego a las buenas prácticas agrícolas.

La Tabla N° 13 contiene los conteos totales del producto terminado sólo para tres tipos de microorganismos, debido a que no se contaba con las placas para E. coli y coliformes, lo cual no permitió evaluar la reducción en la alta carga de coliformes. Además en la Tabla N° 14 se presentan los resultados del proceso actual.

Tabla N° 13: Conteo Microbiano Total y Unidades de Reducción de Conteo Microbiano (URCM) de la Mezcla de Lechuga Americana –Lechuga Romana Zanahoria- Radiquio Después de Procesada

Microorganismo Límite Sugerido / Para URCM	Aerobios (ufc/g) 10.000 ufc/g / (-)	Mohos (ufc/g) 500 ufc/g / (-)	Levaduras (ufc/g) 500 ufc/g / (-)
Lavado 600 ppm de clorito de sodio acidificado	10	<10	100
URCM 600 ppm	3.9	2.8	1.7
Lavado 800 ppm de clorito de sodio acidificado	<10	<10	<10
URCM 800 ppm	4.9	2.8	3.7
Lavado 90 ppm de ácido peracético	110	<10	100
URCM 90 ppm	2.9	2.8	1.7

Tabla N° 14: Características de la eficiencia de las etapas de lavado actuales expresadas en términos de unidades de reducción de conteo microbiano (URCM)

Eficiencias	Aerobios mesófilos URCM (-)	E.coli URCM (-)	Mohos URCM (-)	Levaduras URCM (-)
Ensalada de Lechuga Americana y Romana – Zanahoria y Radiquio				
Eficiencia máxima	2,2	-	1,8	2,7
Eficiencia mínima	0,1	-	0,3	1,1

En este caso se observó una reducción del conteo de levaduras baja, para las ensaladas tratadas con 600 ppm de clorito de sodio acidificado y 90 ppm de ácido peracético (Ver Tabla N° 13), además nuevamente el lavado con 800 ppm de clorito de sodio generó el mejor conteo en el producto desinfectado, por lo que habrá que evaluar las propiedades sensoriales de los productos lavados con dicha sustancia para corroborar sus excelentes características como agente antimicrobiano.

En relación a los resultados presentados en la Tabla N° 14 los niveles de reducción de mohos y aerobios siempre fueron mayores con las sustancias que se están evaluando en comparación con los niveles máximos alcanzados en el lavado de proceso.

4.2.4 Pruebas Sensoriales Efectuadas en Todos los Productos Evaluados en las Pruebas Pilotos

En la Tabla N° 15 se presenta otro de los factores tomados en cuenta para evaluar la eficiencia del ácido peracético y del clorito de sodio acidificado, dichos factores son los efectos en las propiedades organolépticas de los vegetales. Cabe destacar que en todas las evaluaciones sensoriales se tomaron en cuenta las muestras preparadas utilizando hipoclorito, con la finalidad de tener un punto de comparación con los resultados que se obtienen actualmente en la empresa y como se verá más adelante en el único caso donde el hipoclorito estuvo asociado a muestras óptimas fue cuando se lavó posteriormente con ácido peracético.

Los formatos utilizados para las pruebas sensoriales se encuentran en los anexos N° 9, N° 10 y N° 11. Los resultados presentados en las tablas N° 15, N° 16 y N° 17, corresponden a las evaluaciones realizadas a cada producto en las respectivas líneas de procesamiento presentadas en las figuras N° 6, N° 7 y N° 8, respectivamente. Las evaluaciones sensoriales fueron realizadas en conjunto con el equipo de control de la calidad de la empresa y en colaboración de algunos operarios, por lo que los resultados mostrados son el promedio de las pruebas realizadas.

En la Tabla N° 15 se presentan los resultados de las evaluaciones sensoriales para la lechuga americana a cuadros.

**Tabla N° 15: Resultados de las Evaluaciones Sensoriales realizadas
a la Lechuga Americana a Cuadros después de 8 días de almacenamiento**

Parámetros	Líneas				
	I	II	III	IV	V
Apariencia					
Color Verde Oscuro	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Color Verde Claro	4.0	4.0	4.0	3.5	2.5
Color Amarillento	1.0	1.0	1.0	3.0	2.0
Marchito	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0
Oxidado	3.0	4.0	4.0	1.0	2.0
Textura					
Crujiente	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0
Firme	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0
Flácido	3.0	4.0	4.0	2.0	1.0
Sabor					
Característico del vegetal	2.0	2.0	2.0	3.0	3.5
Ácido	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Metálico	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Amargo	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
A cloro	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sabor a otra sustancia	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Fermentado	3.0	3.0	3.0	1.0	1.0
Dulce	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0
Afrutado	3.0	3.0	3.0	1.0	3.0
Mohoso	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Olor					
Característico del vegetal	1.0	1.0	1.0	2.0	4.0
A cloro	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
A otra sustancia: Fermentado	4.0	4.0	4.0	1.0	2.0

Nota: los valores de la escala utilizada representan:

1 = La muestra no presenta esta característica, 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica,
3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica, 4 = La muestra exhibe completamente esta característica

Las muestras de las líneas I, II y III presentaron durante el almacenamiento pérdida de vacío por problemas de empaque y sellado, además tenían exceso de humedad, lo que reflejó un secado incompleto. Estas características influyeron en la obtención de los resultados negativos en dichas líneas, ya que se presentaron dos condiciones desfavorables para la durabilidad del producto: atmósfera con mayor

concentración de oxígeno y humedad. Por lo que se sugiere realizar otras evaluaciones sensoriales de este producto lavado con clorito de sodio acidificado, ya que aunque las condiciones obtenidas pueden ser aceptables para su consumo, puesto que lo que se presentó fue una apariencia oxidada y cierta flacidez, no resultaron ser óptimas como sucedió con las evaluaciones microbiológicas. Aunque se debe señalar que la oxidación no es una propiedad que pueda ser atribuida a factores microbianos, por lo que no se podría señalar una relación entre este factor y el nivel de carga microbiana.

Por otra parte la tendencia general a señalar que el producto tiene un sabor dulce no es un defecto, sino que es casi un sabor característico de la lechuga americana utilizada en el proceso.

Entre los parámetros que pudieran ser un reflejo de efectos del lavado tenemos la tendencia del producto a estar marchito y oxidado, debido a que dichas características son típicas de un producto que fue sometido a condiciones de lavado muy severas. Sin embargo, no es concluyente por la presencia del factor humedad excesiva y pérdida del vacío.

En general se puede señalar a la línea V como la que generó mejores resultados organolépticos, la cual fue donde se utilizó el ácido peracético, pudiéndose además señalar que la durabilidad de estas muestras se extendió más allá de los 10 días establecidos, a pesar de que los resultados microbiológicos indicaron un conteo de aerobios fuera de los límites establecidos, lo cual se contradice con los resultados microbiológicos obtenidos, por lo que éstos no resultan determinantes en este caso.

El siguiente resultado de la evaluación sensorial corresponde al de la ensalada de repollo blanco-morado y zanahoria. Esta evaluación fue realizada once (11) días después de elaboradas las muestras y sin embargo las características organolépticas del producto fueron excelentes.

Tabla N° 16: Resultados de las Evaluaciones Sensoriales realizadas a la ensalada de repollo blanco-morado y zanahoria después de 11 días de almacenamiento

Parámetros	Líneas				
	I	II	III	IV	V
Apariencia					
Color característico de cada vegetal	4.0	4.0	4.0	3.5	4.0
Descolorido el repollo morado	1.0	3.0	2.0	1.0	1.0
Descolorida la zanahoria	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
El Repollo blanco está manchado con el repollo morado	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0
Marchito	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Oxidado	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Textura					
Crujiente	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Firme	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Flácido	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sabor					
Característico del vegetal	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5
Ácido	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
Metálico	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Amargo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
A cloro	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sabor a otra sustancia	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Fermentado	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Dulce	3.0	3.0	3.0	3.0	1.5
Afrutado	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0
Mohoso	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Olor					
Característico del vegetal	3.5	1.0	1.0	3.5	3.5
A cloro	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
A otra sustancia: Olor dulce agradable	1.0	3.0	3.0	1.0	4.0

Nota: los valores de la escala utilizada representan:

1 = La muestra no presenta esta característica; 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica;
3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica; 4 = La muestra exhibe completamente esta característica.

Los resultados de la Tabla N° 16 muestran las excelentes condiciones que se alcanzaron con el lavado de los vegetales, ya que aunque los empaques estaban muy húmedos en su parte interior, esto no favoreció el deterioro, por otro lado no se observan rasgos que represente que hubo condiciones de lavado severas, tales como

oxidación o producto marchito, lo cual hace suponer que los componentes de esta ensalada fueron sometidos a las condiciones de lavado óptimas para ellos.

También se puede señalar que los lavados realizados con el ácido peracético y con clorito de sodio acidificado a una concentración de 600 ppm (líneas I, IV y V) favorecieron la conservación del olor característico de los vegetales, a diferencia de los procesos de desinfección realizados con hipoclorito y clorito de sodio acidificado a una concentración de 800 ppm (líneas II y III), lo cual sería desfavorable de ser realmente un efecto de la desinfección, ya que uno de los elementos que distingue un producto fresco es la conservación de su olor característico.

Los resultados de las propiedades organolépticas de esta ensalada son óptimos al igual que los resultados de la carga microbiana, por lo que se puede afirmar que se obtuvo una desinfección eficiente, utilizando las sustancias evaluadas, en todos los factores de la calidad que caracterizan a estos vegetales, lo que sugiere que las sustancias evaluadas presentan mejor desempeño, como desinfectante, que el hipoclorito de calcio.

En la Tabla N° 17 se presentan los resultados de las evaluaciones sensoriales para la ensalada de lechuga americana-lechuga romana, zanahoria y radiquio, donde se tiene que las líneas I y II corresponden al lavado con clorito de sodio acidificado a 600 y 800 ppm respectivamente y la línea III corresponde al lavado con ácido peracético.

Tabla N° 17: Resultados de las Evaluaciones Sensoriales realizadas a las ensaladas de lechuga americana-romana zanahoria y radiquio después de 8 días de almacenamiento

Parámetros	Líneas		
	I	II	III
Apariencia			
Color característico de cada vegetal	4.0	4.0	4.0
Descolorido algún vegetal	1.0	1.0	1.0
Marchito	2.0	2.0	2.0
Oxidado	2.0	1.0	1.0
Textura			
Crujiente	3.0	4.0	4.0
Firme	3.0	4.0	4.0
Flácido	2.0	1.0	1.0
Sabor			
Característico de los vegetales	4.0	4.0	4.0
Ácido	1.0	1.0	1.0
Metálico	1.0	1.0	1.0
Amargo	2.0	2.0	1.0
A cloro	1.0	1.0	1.0
Sabor a otra sustancia	1.0	1.0	1.0
Fermentado	1.0	1.0	1.0
Dulce	1.0	1.0	1.0
Afrutado	1.0	1.0	2.0
Mohoso	1.0	1.0	1.0
Olor			
Característico de los vegetales	3.0	3.0	3.0
A cloro	1.0	1.0	1.0
A otra sustancia: Dulce	1.0	1.0	4.0

Nota: los valores de la escala utilizada representan:

1 = La muestra no presenta esta característica; 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica;
3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica; 4 = La muestra exhibe completamente esta característica.

Los resultados sensoriales de la ensalada de lechuga americana – romana – radiquio y zanahoria, Tabla N° 17, reflejan como característica negativa la ligera tendencia a estar marchitas que presentaron las ensaladas, lo cual puede ser debido a la humedad excesiva que presentó la muestra, o producto de un lavado en condiciones muy intensas, aunque al no estar oxidado no se podría señalar el efecto de las

sustancia de lavado como el responsable de dichas características, a excepción del caso de la línea I que presentó también una ligera oxidación, la cual es precisamente la línea de condiciones más severas, pues se lavó a una concentración de 800 ppm de clorito de sodio acidificado. Por otro lado, la ligera tendencia a estar marchito que mostró el producto no se puede señalar como un factor negativo de las sustancias de lavado debido a que los resultados microbiológicos fueron óptimos, además la tendencia negativa de esta propiedad puede ser aceptada dentro del rango de la calidad del producto.

A diferencia de lo que ocurrió con el repollo, el olor característico de las ensaladas de todas las líneas se conservó, inclusive las que fueron desinfectadas con 800 ppm de clorito de sodio acidificado, lo que constituye un punto a favor de las configuraciones utilizadas, aunque debe verificarse que el lavado no sea el causante de que la lechuga tienda a marchitarse. La durabilidad de estas ensaladas fue óptima en el periodo establecido de diez (10) días e incluso se observaron condiciones de consumo más allá del tiempo de durabilidad establecido, esto ocurrió en todos los vegetales evaluados.

Las mejores propiedades organolépticas en este caso se obtuvieron en las líneas II y III, las cuales corresponden al lavado con clorito de sodio acidificado a 600 ppm y ácido peracético, respectivamente.

4.3 ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO NO RELACIONADAS CON LA DESINFECCIÓN DE LOS VEGETALES

En esta fase del análisis del sistema productivo no se tomó en cuenta la sección de desinfección, sino aquellas operaciones unitarias que pudieran modificar el resultado obtenido en dicha sección. El análisis del proceso realizado a través de la observación directa y de la ejecución de cada una de las etapas del mismo, permite señalar como puntos a monitorear, para garantizar el mantenimiento de la calidad microbiológica de los vegetales, a las siguientes etapas:

4.3.1 Recepción de la Materia Prima

Uno de los factores determinantes para la extensión de la vida útil de los vegetales frescos es conservarlos en la cadena fría durante todo el proceso productivo, es decir, que se deben mantener las temperaturas de refrigeración ⁷. Es por ello que en la etapa de recepción de la materia prima se debe verificar la temperatura de la misma, además de verificar sus otras propiedades físicas. El control de la temperatura suele realizarse sólo en los productos traídos por los productores que trabajan en conjunto, desde la cosecha, con la empresa, ya que es en este caso que se recibe a bajas temperaturas, pero el resto de los proveedores no cumple con este factor, lo cual pudiera generar una variación en el producto final. Por lo que se debe garantizar que la materia prima que no es recibida en condiciones de refrigeración debe ser llevada en el menor tiempo posible a condiciones de refrigeración.

4.3.2 Almacenamiento de la Materia Prima

En esta fase se debe mantener la temperatura en el rango de 1-3°C y el cumplimiento de las normas establecidas en las Buenas Prácticas de Fabricación, en este sentido se determinó que el almacén de materia prima se encuentra en buenas condiciones, sin embargo el tiempo que permanece la materia prima en esta área es un factor que influye en la calidad de la materia prima a la hora de procesarse.

La productividad de la planta es variable y el suministro de la materia prima, proveniente de los productores del interior del país, es continuo, lo que genera que haya lotes que pasan muchos días en el almacén, lo que promueve el inicio del deterioro del vegetal, aunque se cuente con temperaturas de refrigeración. Por lo tanto, se debe evitar que la materia prima esté demasiado tiempo en el almacén, ya que ni siquiera un proceso de selección riguroso puede modificar la mayor carga microbiana, en comparación con un producto más fresco, que puede estar presente y un lavado eficiente podría no reducirla a los niveles óptimos.

4.4 EL PROYECTO FUTURO DE LAS NUEVAS ETAPAS DE LAVADO

El proyecto de instalación del equipo de las nuevas etapas fue pospuesto debido a que durante las pruebas con las bombas centrífugas se decidió realizar cambios en el diseño de las canales, específicamente en el diseño de los generadores de la turbulencia que se pretende alcanzar, además las bombas centrífugas van a ser traídas del extranjero, al igual que unos motores que se necesitan para darle el movimiento a la zaranda vibratoria. Por ende al no estar definido el diseño del equipo mecánico del equipo ni las sustancias a utilizar no se realizó el análisis de riesgos.

4.4.1 Descripción del Equipo Mecánico para las Nuevas Etapas

El equipo mecánico destinado a sustituir los tanques de inmersión (de la Figura N° 2) está constituido por dos canales con sus respectivos tanques de almacenamiento y zarandas vibratorias a la salida de cada una de las canales, lo cual permitirá obtener 2 etapas de lavado (Ver Figura N° 9).



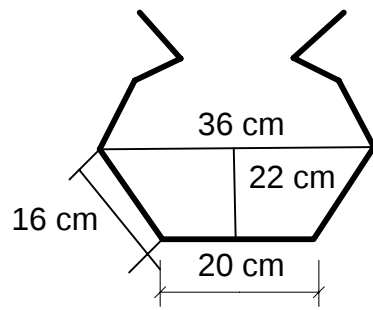
Figura N° 9: Equipo Mecánico a ser instalado en el proyecto futuro de las nuevas etapas

Las canales están diseñadas para trabajar con sistemas de flujo de circuito cerrado independientes, en función de que se pretende utilizar nuevas sustancias en éstas, por lo que se requiere para ello tener una etapa de lavado con la nueva sustancia y en la siguiente un enjuague con agua, con la finalidad de prevenir reacciones entre las diferentes sustancias desinfectantes. Para el sistema de flujo se seleccionaron bombas centrífugas de acero inoxidable, las cuales fueron especificadas en función

del caudal que se requiere para el proceso y de la cabeza total (Hb) a ser manejada por la bomba. La estimación del caudal a manejar se determinó tomando la mayor relación agua de lavado por kilogramo procesado, planteada en la bibliografía, la cual es de 10 lt/ kg . El cálculo de las bombas se realizó para estimar el tamaño de las bombas con una base adecuada al proceso (Ver cálculos en el Anexo N° 12), pero era en un principio una aproximación, debido a que se deseaba obtener una turbulencia específica dentro de la canal, la cual iba a ser determinada de forma empírica, manipulando los flujos de las entradas de agua en la base de la canal y modificando el diseño de dichas entradas.

Una vez seleccionada la bomba en base al caudal requerido y a la cabeza total (m) fue necesario realizar una serie de pruebas con distintos tipos de bombas centrífugas, debido a las llamadas leyes de afinidad que caracterizan a este tipo de bombas, las cuales relacionan la capacidad y la cabeza total de la bomba con la velocidad del impulsor (revoluciones por minuto rpm) el diámetro del impulsor y potencia (Hp), y para conseguir una bomba con baja potencia y con un bajo rpm que permitiera ahorro de energía, fue necesario tomar en cuenta las mencionadas relaciones ²⁹. La bomba que finalmente logró dar los resultados de turbulencia y requerimientos energéticos necesarios, dio la cabeza total y el caudal calculados, pero resultó ser muy costosa, por lo que se decidió optar por buscar alternativas con proveedores en el extranjero.

Respecto al diseño del equipo se verificó que las dimensiones de la sección transversal de la canal fueran óptimas desde el punto de vista de la dinámica de fluidos ²⁹, estos cálculos se pueden observar en la Figura N° 10, los cuales produjeron diferencias no mayores del 30%, lo que se puede considerar aceptable debido a las características empíricas del diseño. Además se debe tomar en cuenta que el flujo en esta canal está favorecido por las entradas generadoras de turbulencia y por otra parte las dimensiones de canales abiertas utilizadas en sistemas hidráulicos suelen ser más simples (Ver Figura N° 10).

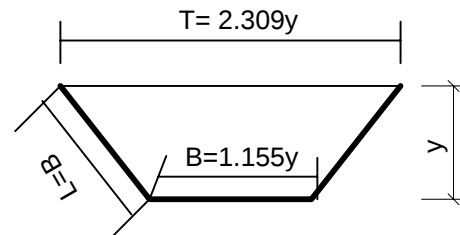


Sección Transversal de la canal

$$y=22 \text{ cm}$$

$$L= 16 \text{ cm}$$

$$T=36.0 \text{ cm}$$



Sección Transversal más eficiente para canales abiertas

$$yt=17.3 \text{ cm}$$

$$Lt= 20 \text{ cm}$$

$$Tt=39.9 \text{ cm}$$

Figura N° 10: Sección transversal de la canal de lavado y sección óptima recomendada para canales hidráulicas

4.4.2 Layout Propuesto para el Equipo de las Nuevas Etapas

El área productiva de Productos Alimenticios Kelly's se encuentra completamente dividida en dos secciones, la primera donde se procesa la materia prima y se realiza el prelavado (planta I) y la otra, donde el producto entra a través de la canal de lavado, donde se llevan a cabo las últimas operaciones unitarias del proceso (planta II). Esta última sección debe mantener unos estándares de carga microbiológica en el ambiente a fin de evitar la contaminación del producto terminado, es por esta razón que se encuentra separada de planta I, ya que la materia prima y la humedad excesiva presentes en esta área mantienen altos niveles de microorganismos en el ambiente.

Para realizar el layout de planta y ubicar las nuevas etapas se tomaron las medidas del área de planta disponible y se consideraron como principales factores para la selección de la misma, la necesidad de evitar la contaminación cruzada entre las áreas productivas de la planta y el menor costo económico, puesto que utilizar el espacio disponible en la sección de la planta II, requería hacer modificaciones de los

espacios y de la disposición de la actual canal de lavado (Ver en el Anexo N° 13 el layout). Adicionalmente para plantear el layout se elaboraron los DFP con las nuevas etapas, en función de la secuencia que debían seguir las operaciones (Ver en Anexo N° 14 el DFP con las nuevas etapas incluidas).

SECCIÓN DE RESULTADOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DEL LAVADO

En esta sección de los resultados se presenta el otro enfoque de trabajo sobre la fase del lavado de vegetales para su optimización, dicho enfoque se refiere a la realización de una propuesta de automatización basada en el estudio de la estrategia de control necesaria para llevar el proceso a un punto de operación bajo control y considerando la propuesta de un PLC como la principal alternativa de tecnología para alcanzar el mencionado objetivo.

4.5 AUTOMATIZACIÓN DE DOSIFICACIÓN DEL LAVADO Y ESTRATEGIAS DE CONTROL

La necesidad de automatizar la dosificación de sustancias desinfectantes en la etapa actual de desinfección o lavado, a fin de controlar los parámetros que rigen este proceso, está fundamentada en la evaluación del sistema de dosificación y equipo clorinador (Ver secciones 4.2.2.3 y 4.2.2.4), donde se presentaron las gráficas que permitieron ver que el sistema está fuera de control y que el equipo clorinador presenta deficiencias para cumplir con las necesidades del proceso.

La propuesta de automatización de la dosificación o del control de las variables que rigen el proceso de lavado, pretende mantener en su valor de operación a las variables del proceso que garantizan la eficiencia en el lavado, para asegurar el nivel óptimo de desinfección de los vegetales, dichas variables son el ORP y el pH, debido a que el lavado con hipoclorito de calcio es dependiente de éstas. Adicionalmente es necesario no dejar de monitorear la concentración del hipoclorito, ya que es una variable que se puede utilizar por seguridad para conocer los niveles de hipoclorito a los que se están sometiendo los vegetales para alcanzar su inocuidad.

El proceso de desinfección es el producto de una serie de reacciones bioquímicas, donde se logra destruir los microorganismos presentes en la superficie de los vegetales, lo que hace a la canal de lavado un reactor químico, donde ocurren una serie de reacciones deseadas e indeseadas, por lo que al no estar definidas las

cinéticas de las reacciones que allí ocurren, el esquema de control presentado en la Figura N° 11 es una buena opción para controlar este proceso.

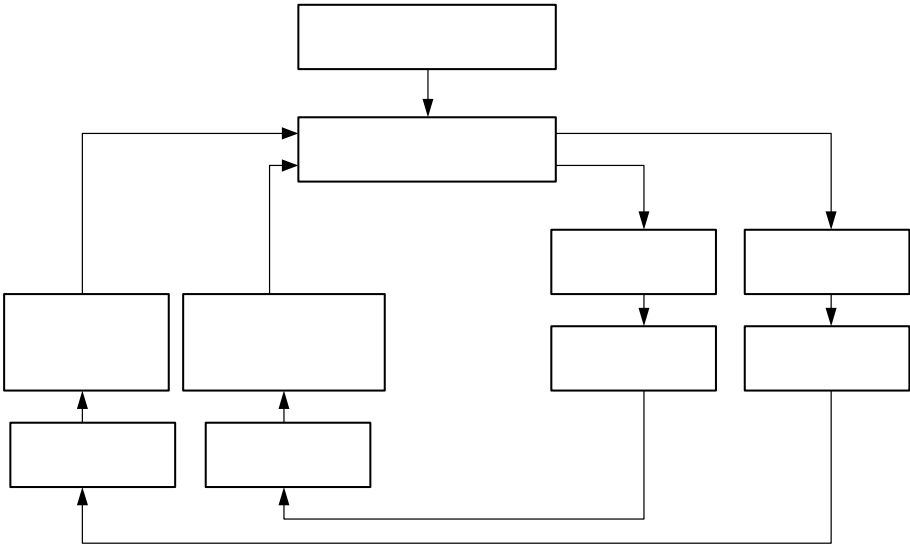
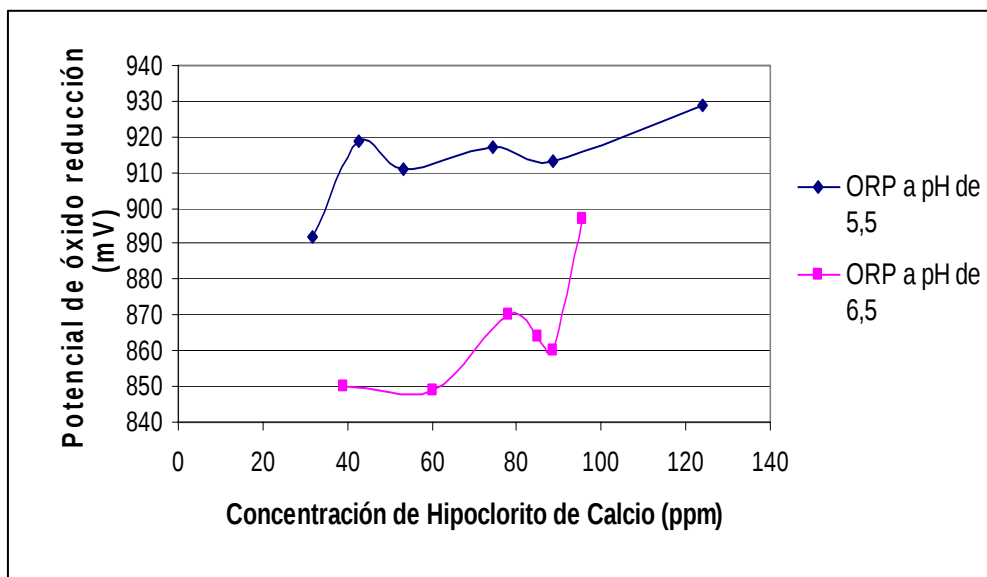


Figura N° 11: Diagrama de los lazos de control feedback del sistema de dosificación para el lavado

La Figura N° 11 presenta los dos lazos de control feedback correspondientes a las variables pH y ORP, aunque los lazos de control sean independientes el ORP y el pH están relacionados por la dependencia que presenta la actividad bactericida del hipoclorito de calcio respecto al pH, además es la adición de hipoclorito es la principal perturbación del pH durante el proceso. En la Gráfica N° 9 se evidencian las mencionadas dependencias.

Bomba Dosificadora de ácido cítrico Bomba Dosificadora de hipoclorito de calcio

Controlador de pH Controlador de ORP



Gráfica N° 9: Dependencia del Potencial de Oxido Reducción del pH

En la Grafica N° 9 se puede observar que para los mismos valores de concentración de hipoclorito de calcio al reducir el pH se incrementan los valores de ORP, lo que se debe a que se promueve la presencia del ácido hipocloroso, especie oxidativa más reactiva del hipoclorito, y que por ende posee un mayor potencial de oxido reducción ²¹.

La Gráfica N° 9 fue elaborada con la finalidad de obtener una relación ORP – concentración de hipoclorito de calcio que permitiera realizar la dosificación de hipoclorito y ácido mediante alguna relación matemática, pero la tendencia no lineal de la gráfica evidencia que no puede haber dicha relación, debido a que el hipoclorito es una sustancia muy sensible a la presencia de materia orgánica haciendo que el ORP alcanzado, a determinada concentración, dependa del nivel de microorganismos presentes, los cuales generarán la disminución del ORP al reaccionar con las especies oxidativas del hipoclorito ¹¹.

Por lo tanto se considerará una estrategia de control feedback para los lazos de control presentados en la Figura N° 11. Las hojas SAMA para dichas estrategias de control se pueden observar en los Anexos N° 15 y N° 16.

En la Figura N° 12 se presentan los diagramas de bloque para este tipo de estrategias de control, tanto para el pH como para el ORP.

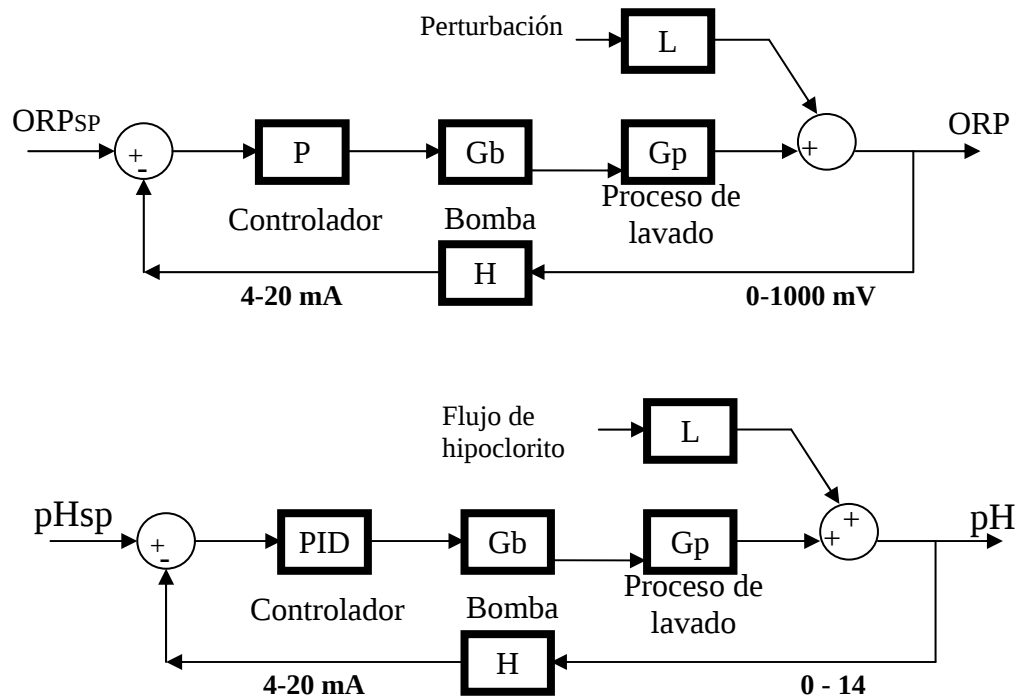
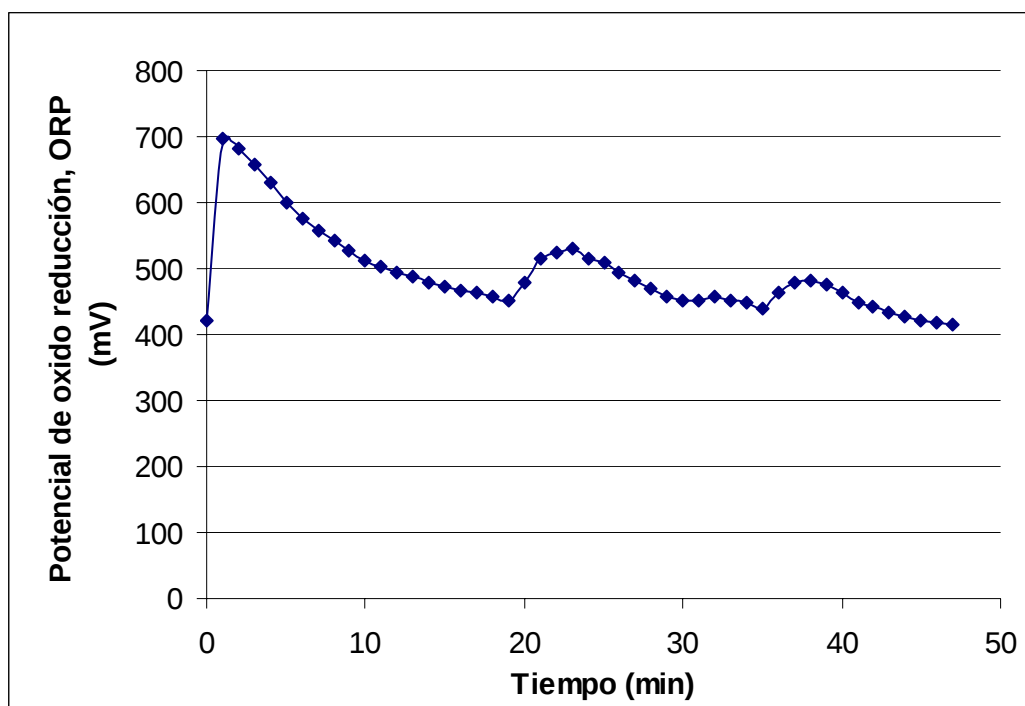


Figura N° 12: Diagramas de bloques de los lazos de control feedback para el proceso de lavado

Aunque no se pudo estimar el tipo de controlador que se requería en base a la metodología aplicada se sugiere que para la variable ORP puede utilizarse un controlador P, ya que dicha variable no requiere ser trabajada en un valor exacto, sino dentro de un rango. En cuanto al control del pH se plantea utilizar un controlador PID, debido a que es una variable menos oscilatoria y que está fija durante el proceso, además si se logra un ajuste más preciso se podrá trabajar a valores de pH más bajos, favoreciendo la actividad bactericida del hipoclorito y reduciendo el consumo de dicha sustancia.

4.6 ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL PROCESO DE LAVADO

La determinación de la dinámica del proceso de lavado en la canal de flujo continuo estaba fundamentada en la realización de una prueba en escalón (Ver pasos de una prueba en escalón en el Anexo N° 17) utilizando el clorinador, sin embargo debido a las fallas técnicas que presentó este equipo, se realizaron las pruebas generando un cambio en escalón en las variables de proceso, ORP y pH, a través de una dosificación manual. En la Gráfica N° 10 se presenta la curva generada al realizar un cambio en la variable ORP durante el proceso, para realizar dicho cambio se agregó una cantidad de hipoclorito de calcio, siendo ésta la variable manipulada para modificar el ORP, y se mantuvo fijo el valor de pH.

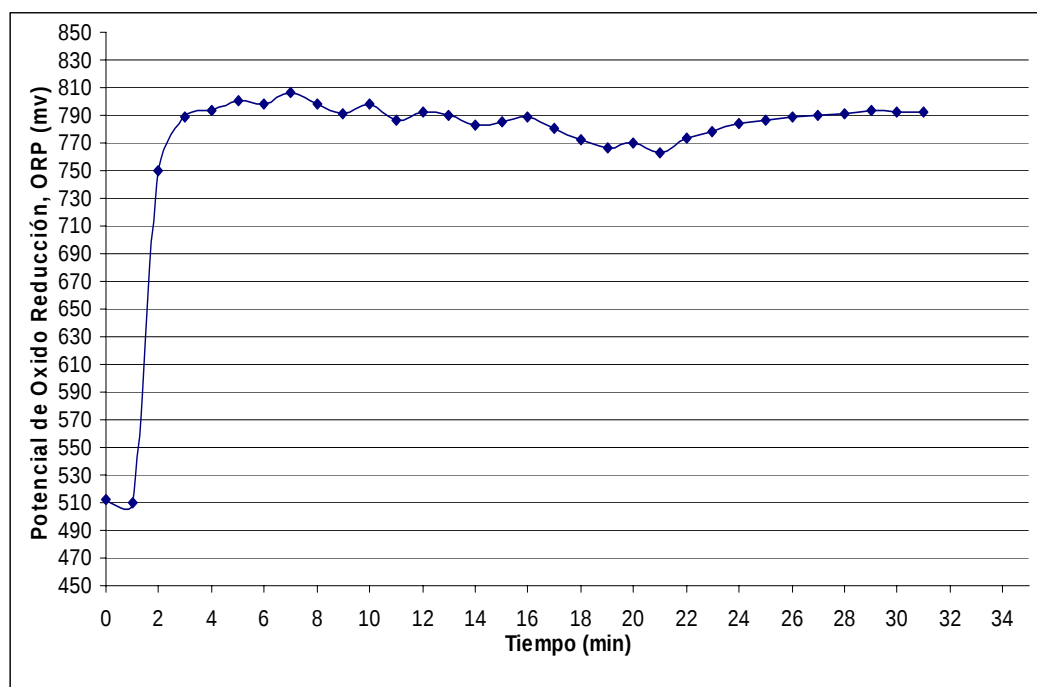


Gráfica N° 10: Variación del ORP durante proceso frente a un cambio en escalón

Puede observarse en la Gráfica N° 10 el comportamiento oscilatorio del ORP durante el proceso. Los puntos de altos valores de ORP de la gráfica corresponden a las dosificaciones de hipoclorito, las cuales no se pudieron evitar durante la

realización de la prueba, debido a que se ponía en riesgo el nivel de desinfección de los vegetales, por lo que hubo la presencia de una perturbación, sin embargo se puede ver que si no se dosifica, el ORP tiende a disminuir, debido a que están ocurriendo las reacciones químicas dentro del sistema. La tendencia presentada por esta gráfica no permitió realizar la determinación de los parámetros del proceso, fundamentado en los principios de la prueba en escalón.

Adicionalmente se efectuó otra prueba generando un salto en escalón, pero esta vez cuando por el sistema no estaban pasando los vegetales, es decir sólo evaluando el comportamiento del sistema ante un cambio en la concentración de hipoclorito. La Gráfica obtenida fue la N° 11.



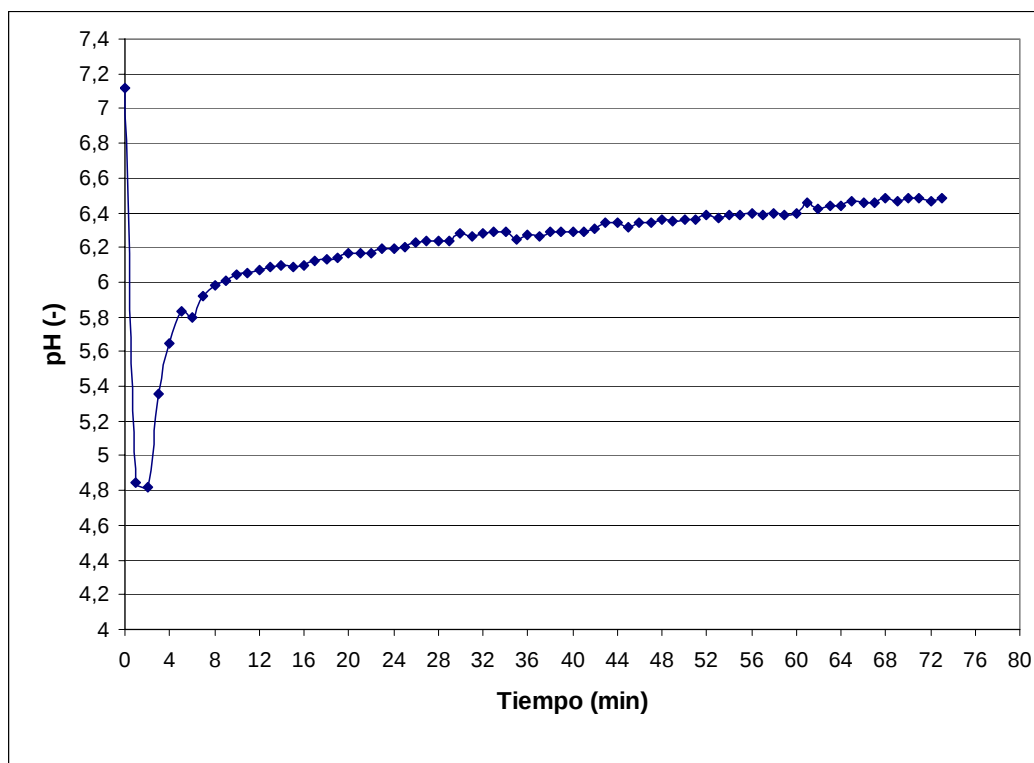
Gráfica N° 11: Comportamiento de la variable ORP frente a una dosificación de hipoclorito cuando no se está realizando el proceso de lavado en la canal

Esta gráfica fue realizada tomando muestras del agua de lavado al final de la canal y utilizando un medidor de ORP portátil calibrado. Se puede observar que la gráfica presenta la tendencia de una curva típica de reacción de proceso frente a una

prueba en escalón (Ver Anexo N° 17). A partir de esta curva se determinaron los parámetros de proceso ajustados a un modelo de primer orden más tiempo muerto (POMTM) y se calcularon los parámetros de un controlador P, PI y PID, utilizando las fórmulas de Cohen Coon, debido a que no se cumplió la relación que limita el uso de las ecuaciones de Ziegler – Nichols. Además se obtuvo una respuesta a lazo cerrado con un controlador tipo proporcional P, cuando se configuró el lazo de control en Simulink (Ver Anexo N° 18), sin embargo los resultados no son extrapolables para el sistema de lavado puesto que aquí sólo se consideró la dinámica de la mezcla del sistema ²⁷.

Lo importante a resaltar con la Gráfica N° 11 es que el sistema logra alcanzar una concentración uniforme en todo el sistema en aproximadamente 4 minutos, utilizando el punto de dosificación actual, que es el tanque de la zaranda, dicho tiempo deberá ser reducido buscando un punto de dosificación más eficiente, es decir, que permita generar un cambio más rápido, ya que en ese tiempo pasan alrededor de dos cargas de producto a través de la canal.

La evaluación del cambio en escalón para el pH no se pudo efectuar por las mismas razones que no se aplicó a la variable ORP. Sin embargo, se realizó una prueba fuera de proceso, la cual se mostrara a continuación a fin de señalar un punto importante de la configuración actual (Ver Gráfica N° 12).



Gráfica N° 12: Comportamiento del pH ante una dosificación de ácido cítrico en la canal de lavado fuera de proceso

La Gráfica N° 12 fue elaborada en la canal de lavado, simulando en el sistema las condiciones normales de proceso, referidas a la concentración de sustancia desinfectante, temperatura y pH. Una vez alcanzadas dichas condiciones se agregó una cantidad de ácido cítrico al sistema, en el tanque de la zaranda, suficiente para producir un cambio en el pH y evaluar la respuesta de dicho cambio, tomando muestras del agua de lavado al final de la canal.

Se puede observar que se presenta un gran salto al momento de la dosificación, lo que permite afirmar que la configuración de las entradas laterales actual genera un salto de las variables controladas y no permite obtener un valor representativo de la variable a lo largo de toda la canal.

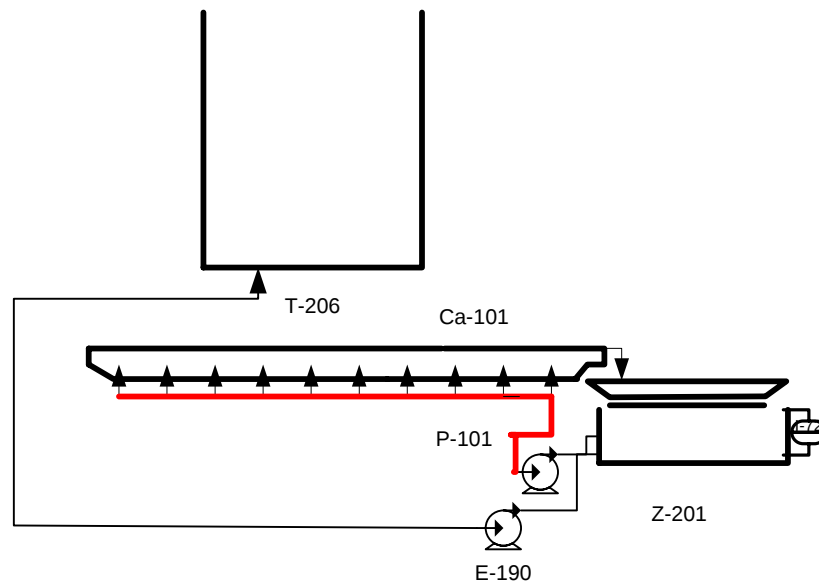


Figura N° 13: Sección de la canal de lavado constituida por el tanque cilíndrico, la canal y el tanque de la zaranda

En la Figura N° 13 se puede ver, señalado con la línea roja, que al realizar una dosificación en el tanque de la zaranda Z-201 la disposición de las entradas laterales generará un salto en las variables de ORP y pH que no indica los valores presentes en la canal de lavado Ca-101, sino que se debe a que parte de la dosificación fluye fuera de la canal inmediatamente. Lo ideal es que la entrada de la dosificación sea al inicio de la canal a fin de eliminar el salto que se produce en las variables controladas, ORP y pH.

La finalidad de la prueba en escalón era determinar los parámetros del proceso y a partir de estos calcular los de los controladores P, PI y PID, para visualizar mediante una simulación a lazo cerrado, programada en Simulink, qué tipo de controlador lograba alcanzar la mejor estabilización del sistema de lavado, pero debido a que no se pudieron realizar dichas pruebas y a que se van a proponer cambios en la configuración del lavado, para el nuevo sistema de control, se recomienda partir de los controladores sugeridos.

4.7 SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO PARA EL LAVADO

La configuración que se presenta conllevó varias modificaciones planteadas como mejoras, las cuales son:

- La dosificación no se efectúa directamente en el tanque abierto de la zaranda Z- 201, con la finalidad de evitar puntos de alta concentración que generen un intenso olor a cloro en la planta. La dosificación propuesta se realiza en las líneas de reflujo de reciclo a la entrada de la canal Ca-201, utilizando para ello unos mezcladores estáticos de PVC, SM-201 y SM-202, los cuales cuentan con puerto de inyección y permiten hacer homogéneo el flujo antes de entrar a la canal.
- La dosificación de ácido cítrico y de hipoclorito de calcio no se realizará en el mismo punto, debido a que se pueden generar condiciones que favorezcan la formación de cloro gas dentro de la línea, ya que a pH inferiores de 4 esto puede suceder. Es por ello que la dosificación de ácido cítrico se hace a través de la línea de alimentación principal de la canal.
- Las entradas laterales colocadas ahora al inicio de la canal y los mezcladores estáticos producen unas pérdidas estimadas de 12 psig, por lo cual habrá que evaluar si la bomba centrífuga P-101 puede seguir dando las condiciones de turbulencia con estas pérdidas.
- Se utiliza un sensor de concentración de hipoclorito de calcio en línea, el cual permitirá monitorear a través de la pantalla del controlador los valores de esta variable, dejando el procedimiento de titulación sólo para verificación.

A continuación se presenta el DTI con la configuración del sistema de control propuesto.

DTI para la Etapa de Lavado Actual

4.8 CARACTERÍSTICAS DE LAS TECNOLOGÍAS PROPUESTAS PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE LAVADO

Para implementar los lazos de control propuestos en las secciones anteriores se proponen dos tecnologías:

- Un controlador lógico programable (PLC).
- Equipos de control medidores dosificadores.

En la descripción de la instrumentación se mencionarán las especificaciones necesarias para el PLC, en esta sección se pretende presentar las prestaciones de cada tecnología.

4.8.1 Controlador Lógico Programable

El PLC seleccionado de forma preliminar se muestra en la Figura N° 14, este equipo tiene incluido un panel para comunicación con el operador, además permite la comunicación con un PC para programación de las funciones y para registro de datos de proceso, lo cual facilita la utilización de dichos datos para la elaboración de gráficas de trazabilidad del comportamiento de la variables controladas.



Figura N° 14: PLC propuesto para la automatización de la dosificación del lavado

Este es un PLC de Unitronics y tiene las siguientes características:

- Posee diez lazos de control PID disponibles para cumplir los requerimientos de control.

- Permite realizar la programación de los lazos de control a través de un PC, bajo un software en ambiente Windows.
- La pantalla puede desplegar mensajes de alarma y control al operario, además tiene funciones gráficas.
- Permite obtener en un solo equipo las entradas y salidas necesarias para el sistema de control incluyendo las nuevas etapas.
- Está diseñado para ser instalado en condiciones de planta, por lo que puede soportar las condiciones de temperatura y humedad del proceso, aunque puede ser ubicado a cualquier distancia del proceso.

4.8.2 Equipos de Control Medidores Dosificadores

Para configurar la estrategia de control presentada en el DTI anterior, para la etapa de lavado actual, se consideró como alternativa instalar dosificadores, los cuales no cumplen todas las funciones sólo con un equipo, por lo que se tendría que contar con un medidor controlador para el ORP y pH y un medidor controlador para monitorear la concentración de hipoclorito de calcio. Una de las alternativas planteadas se presenta en la Figura N° 15.



Figura N° 15: Equipos medidores controladores para pH, ORP y concentración de cloro total de Prominent

Estos son equipos sencillos que permiten realizar la medición de las variables de proceso, a través de los sensores de pH, ORP y concentración de cloro, y en base a

la diferencia que determina con un bloque de control integrado P determina una salida hacia una bomba dosificadora. Las prestaciones de este equipo son:

- Sus características robustas le permiten estar en ambiente de proceso.
- Deben estar ubicados cerca de los sensores, porque las señales de entrada no son todas del tipo 4- 20 mA.
- No permite comunicación con otros sistemas para adquisición de datos que permitan el monitoreo continuo del proceso.

4.9 INSTRUMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO

La instrumentación requerida para la configuración de control propuesta fue especificada en función de las necesidades del proceso y tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las necesidades de precisión para las variables y los rangos de proceso.
- Las características corrosivas de los flujos.
- Las presiones de línea.
- Para las bombas dosificadoras se realizó un seguimiento de la dosificación a lo largo del proceso, del tiempo entre dosificaciones, de las cantidades de hipoclorito de calcio y ácido consumidos en operación normal y en condiciones de altos requerimientos de estas sustancias; y tomando un factor de sobrediseño debido a que la dosificación actual no logra mantener los niveles requeridos en todo momento del proceso.

En la Tabla N° 18 se presenta la instrumentación seleccionada para el nuevo sistema de control.

Tabla N° 18: Instrumentación básica para el nuevo sistema de control

INSTRUMENTO	ESPECIFICACIONES	FUNCIÓN
Bomba Dosificadora de Hipoclorito de Calcio	60 lt/h - presión máxima 100 psi – operación normal 40 psi	Dosificar Hipoclorito de calcio al sistema de lavado
Bomba Dosificadora de Ácido Cítrico	60 lt/h - presión máxima 100 psi – operación normal 40 psi	Dosificar ácido cítrico al sistema de lavado
Sensor de pH	Rango: 0-14 Precisión: ± 0.01 Sensor en línea	Determinar en la línea de toma de muestra el pH de la solución de lavado
Sensor de ORP	Rango: 0-1000 mV Precisión: ± 1 Sensor en línea	Determinar en la línea de toma de muestra el ORP de la solución de lavado
Sensor de Cloro total disponible	Rango: 0-100 ppm Precisión: ± 1 Sensor en línea	Determinar en la línea de toma de muestra la concentración de cloro total de la solución de lavado
Mezclador Estático	Material: PVC Caída de presión máxima 5 psi Nivel de Mezclado: medio Con Puerto de inyección	Permitir la inyección a la línea de proceso de hipoclorito y ácido y favorecer el mezclado en el punto de inyección

4.10 ESPECIFICACIONES DEL PLC

Para dimensionar el PLC se contabilizó tanto la instrumentación para la etapa de lavado actual, como aquella estimada para la futura etapa de lavado, suponiendo que se continúe utilizando hipoclorito, aunque de cambiar esta sustancia, por alguna de las evaluadas en este proyecto, se requerirá básicamente del mismo tipo y número de instrumentos, sólo que habría que puntualizar las

nuevas especificaciones (Ver DTI considerando las nuevas etapas en el Anexo N° 19).

Para efectos de nomenclatura se denominó etapa #1 a la futura etapa de lavado, se consideró sólo una de ellas porque se estima que la otra sea un lavado con agua, y etapa #2 al lavado actual. En la Tabla N° 19 se presentan todos los instrumentos considerados para contabilizar el número de entradas/salidas digitales y analógicas del PLC.

Tabla N° 19: Instrumentación y tipo de señal al PLC

INSTRUMENTO	TIPO DE SEÑAL AL PLC
Sensor de pH etapa #1	Entrada Analógica 4-20 mA
Sensor de pH etapa #2	Entrada Analógica 4-20 mA
Sensor de ORP etapa #1	Entrada Analógica 4-20 mA
Sensor de ORP etapa #2	Entrada Analógica 4-20 mA
Sensor de cloro total etapa #1	Entrada Analógica 4-20 mA
Sensor de cloro total etapa #2	Entrada Analógica 4-20 mA
Bomba dosificadora de hipoclorito etapa #1	Salida digital / entrada analógica para introducir el set point
Bomba dosificadora de hipoclorito etapa #2	Salida digital / entrada analógica para introducir el set point
Bomba dosificadora de ácido etapa #1	Salida digital / entrada analógica para introducir el set point
Bomba dosificadora de ácido etapa #2	Salida digital / entrada analógica para introducir el set point
4 Sensores indicadores de flujo a la entrada de los porta sensores	Entrada digital
Sensor de bajo nivel para el tanque de hipoclorito	Entrada digital
Sensor de bajo nivel para el tanque de ácido cítrico	Entrada digital
Indicador para parada de emergencia	Entrada digital

El total de señales analógicas y digitales a ser manejadas por el PLC, las cuales dimensionarán las capacidades de las respectivas tarjetas de entradas/salidas, se presentan en la Tabla N° 20:

Tabla N° 20: Datos para seleccionar el PLC

Número de Entradas Digitales	9
Número de Entradas Analógicas	13
Número de Salidas digitales	5

Además el PLC debe contar con 5 bloques de control PID. Las especificaciones para el PLC se hicieron tomando como factor de sobrediseño un 30 % de entradas y salidas adicionales y un lazo de control PID adicional.

4.10.1 Requerimientos de Interfase y Comunicación

Entre los PLC cotizados se cuenta con un modelo que tiene incorporado un panel para interfase con el operador, el cual puede ser colocado en planta, en dicho panel se pretende reflejar los valores de las variables de proceso y mensajes de alarma al operador. Adicionalmente, se considera necesario el uso de un computador personal como interfase para supervisión, registro y manejo de datos de proceso e introducción de programas, esto debido a que las condiciones de temperatura y humedad presentes en planta no la hacen apropiadas para realizar dichas actividades. Este computador estaría ubicado en la oficina de supervisión de producción en planta.

4.11 COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE LAS TECNOLOGÍAS PLANTEADAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

Para presentar el estimado de la inversión a realizarse para desarrollar el proyecto de automatización, determinado en base a la ingeniería conceptual desarrollada en este proyecto, se tomó un costo base que incluye solamente la instrumentación necesaria para automatizar la etapa de lavado actual, puesto que es la que se tiene definida desde el punto de vista de requerimientos del proceso, pero de las tecnologías propuestas para la automatización los PLC cotizados cuentan también con la capacidad para automatizar una de las futuras etapas de lavado. En la Tabla N° 21 se presenta el costo de la instrumentación base del proyecto.

**Tabla N° 21: Costo de inversión para la instrumentación del sistema de control
propuesto**

INSTRUMENTACIÓN	COSTO (Bs)
Electrodo sensor de pH	574.415,00
Electrodo sensor de ORP	542.503,00
Electrodo sensor de concentración de cloro	3.338.590,00
Celda porta sensores de ORP y pH	1.123.326,00
Celda porta sensor de concentración de cloro	2.032.291,00
Bombas dosificadoras de ácido e hipoclorito	12.669.040,00
Cableado y otros instrumentos	2.032.291,00
2 Mezcladores Estáticos	3.612.000,00
Total	24.890.990,00

Nota: los precios presentados no incluyen el IVA

En la Tabla N° 22 se presentan los estimados de costos de las tres opciones cotizadas para la automatización, donde dichas propuestas son:

1. PLC modelo N° 1 (Marca comercial Unitronic).
2. PLC modelo N° 2 (Marca comercial National Instrument)

3. Equipos dosificadores propuesta N° 3 (Marca comercial Prominent)

Para los PLC se estimó un 50 % del costo total del equipo para requerimientos de instalación, programación y puesta en marcha, tomando en cuenta que la programación de las funciones de este sistema es sencilla. Los PLC fueron cotizados en base a las especificaciones presentadas en la sección anterior.

Tabla N° 22: Costo de los equipos planteados para la automatización y estimados de costo de instalación

PROPUESTA	COSTO DEL EQUIPO x10⁶ (Bs)	COSTOS ESTIMADOS DE INSTALACIÓN x10⁶ (Bs)	TOTAL x10⁶ (Bs)
N° 1	4.9	2.4	7.3
N° 2	13.2	6.7	19.9
N° 3	10.0	-	10.0

Nota: los precios presentados no incluyen el IVA

Se despreciaron los costos de instalación de la propuesta N° 3 porque estos equipos no requieren programación y los costos de instalación asociados a los requerimientos de cableado y mantenimiento no fueron estimados.

Se evidencia que entre las propuestas de los PLC se presenta una diferencia significativa de los costos de adquisición e instalación, esto se debe a que la propuesta N° 2 es una tecnología que es importada y la cotización fue tramitada directamente con el proveedor en el extranjero y en dólares, además posee superiores capacidades de programación. Por otra parte, el equipo dosificador es más costoso que el PLC de la propuesta N° 1 debido a que es una tecnología que no es necesario programar y que para su utilización no requiere de mayores conocimientos técnicos, es decir, es una opción simplificada, pero sigue teniendo la desventaja de que sólo dosificaría a la etapa de lavado actual.

Debido a que el PLC ha sido especificado sólo para la función puntual de dosificación resultó ser un equipo pequeño, de hecho, de los más pequeños que hay en el mercado.

En base a los bajos costos estimados para el proyecto de automatización, se plantea analizar la propuesta de automatización y tener como primera opción de tecnología el PLC de la propuesta N° 1, debido a que es la tecnología que ofrece las prestaciones necesarias para el control y monitoreo del proceso, y además permite abarcar el control de los equipos de las nuevas etapas de lavado a diferencia del dosificador de la propuesta N° 3.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones a las que se llegaron luego del análisis de los resultados obtenidos de todas las etapas del proyecto realizado

- El equipo clorinador presenta fallas mecánicas y de especificaciones técnicas que no le permiten ser utilizado para implantar un control en el proceso de lavado y debe ser reemplazado.
- Es necesario automatizar el control de las variables de lavado, mediante una dosificación automatizada para optimizar el lavado.
- La calidad de la materia prima debe ser cuidada controlando los tiempos de permanencia de la misma en el almacén.
- El agua de reciclo utilizada en la etapa de lavado en canal no presenta acumulaciones de microorganismos debido a su reutilización
- El tratamiento de los vegetales con clorito de sodio acidificado fue el que alcanzó los mejores resultados, desde el punto de vista de la reducción en la carga microbiana.
- Los resultados alcanzados con las configuraciones realizadas en la evaluación de las nuevas sustancias fueron productos finales de mejor calidad microbiana que los que se presentan con la etapa de lavado actual.
- El clorito de sodio acidificado trabajado a 800 ppm logra la reducción máxima de la carga microbiológica, pero hay que evaluar si los efectos sensoriales mostrados por las muestras evaluadas persisten.
- El clorito de sodio acidificado resultó ser más eficiente en la reducción microbiana que el hipoclorito de calcio con ácido cítrico utilizados actualmente.
- La durabilidad de las muestras preparadas en escala piloto fue mayor a la establecida para el producto procesado actualmente.
- Los análisis sensoriales de las muestras tratadas con clorito de sodio acidificado a una concentración de 600 ppm y ácido peracético indicaron que estas sustancias mantuvieron óptimas las propiedades organolépticas de la ensalada de repollo blanco – morado y zanahoria.

- Los productos evaluados que contenían lechuga presentaron una ligera tendencia de oxidación y marchitado durante el almacenamiento, pero no se puede asegurar que se deba al lavado debido a que todas las muestras presentaron un exceso de humedad.
- Es necesario efectuar cambios en la sección de lavado antes de realizar la automatización.
- La estrategia de control para el sistema es un lazo de control feedback.
- La automatización con un PLC es la mejor alternativa para el control de la dosificación.
- Un PLC con 9 entradas digitales, 13 entradas analógicas y 5 salidas digitales tendrá la capacidad para controlar el sistema de dosificación del lavado.
- No se pudo determinar el tipo de controlador P, PI o PID a utilizar en el sistema de control.

RECOMENDACIONES

Las siguientes son las sugerencias que surgen en relación a las actividades efectuadas en este trabajo especial de grado:

- Corregir el problema que presenta actualmente la canal de lavado, respecto a la bomba que está fuera de funcionamiento y al problema de acumulación de materia orgánica en el agua de recicló.
- Realizar los cambios en la configuración de la dosificación que fueron propuestos en este proyecto.
- Adquirir alguna de las opciones propuestas para automatizar la dosificación en el lavado para poder optimizar su proceso e incluir de una vez la automatización de las nuevas etapas.
- Utilizar alguna de las sustancias evaluadas en este proyecto como sustituto del hipoclorito de calcio.
- Considerar realizar otra serie de pruebas con las sustancias nuevas evaluadas en este proyecto para afinar las condiciones de su utilización y corroborar los factores sensoriales que presentaron desviaciones en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

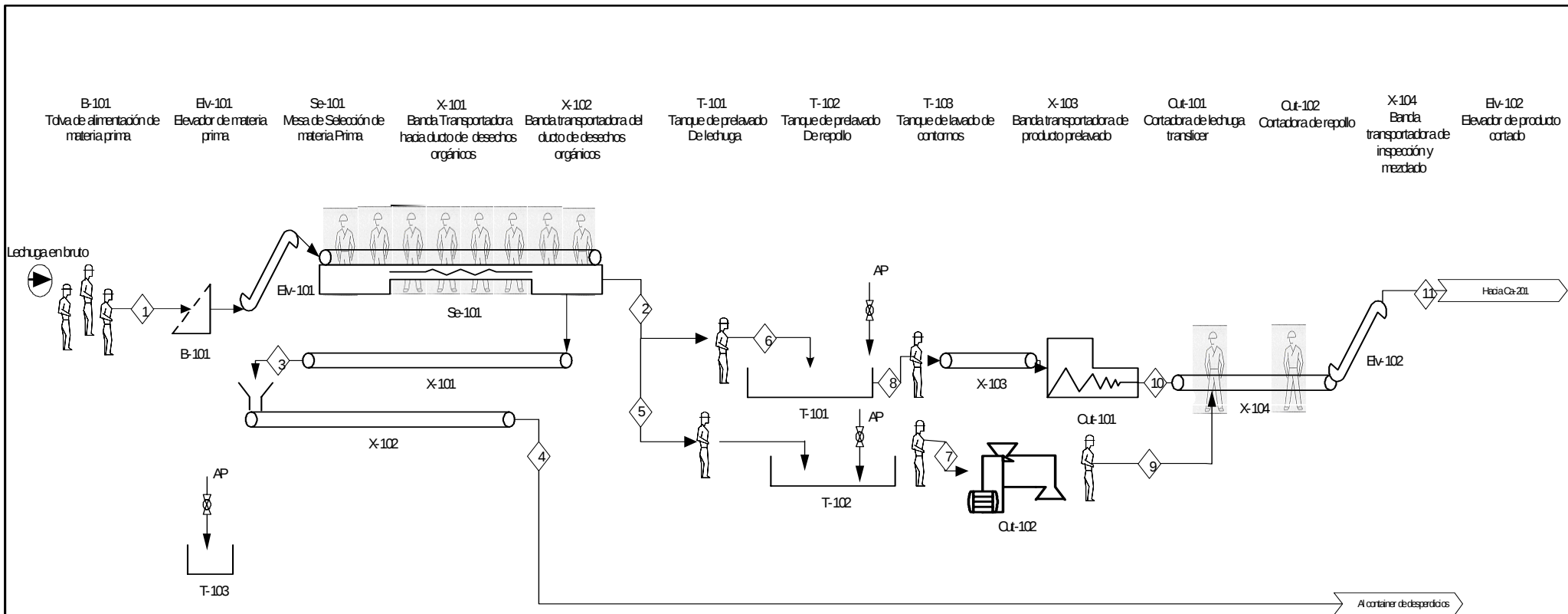
1. Madden, J.M.. (1992). **Microbial pathogens in fresh produce the regulatory perspective.** *Journal of Food Protection*, 55, 821 –823.
2. Ahvenainen, R. 1996. **New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables.** *Trends Food Science Technology* 7, 179 – 186.
3. Wiley, Robert. (1994). **Minimally Processed Refrigerated Fruit and Vegetables.** Chapman & Hall Inc., New York.
4. Food and Drug Administration, U. S. & Department of Agriculture Centers for Disease Control and Prevention. (1998). **Guía para Reducir al Mínimo el Riesgo Microbiano en los alimentos, en el caso de Frutas y Vegetales Frescos.** Washington DC, Octubre.
5. Universidad Nacional del Litoral de Argentina. (2003). **Cómo mejorar la calidad de los vegetales listos para consumir.** [Artículo en línea]. Disponible: http://www.universia.com.ar/portada/actualidad/noticia_actualidad.jsp?noticia=5911[Consulta: 2005, Mayo].
6. Gillian, A.; Thomas, Christopher; O'Beirne, David. (1999). **The microbiological safety of minimally processed vegetables.** *International Journal of Food Science and Technology*, 34, 1-22.
7. Alzamora, Stella; Tapia, María; López, Aurelio. (2000). **Minimally Processed Fruit and Vegetables.** Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland.
8. Curtis, ML; Franceschi, Olgamar; Castro, N. (2002). **Listeria monocitogenes en vegetales mínimamente procesados.** Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.compumedicina.com> [consulta: 2005, Marzo 18].
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. (1998). **Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos para los Alimentos.** [Documento en línea]. Disponible:

<http://www.fao.org/documents/showcdr.asp?urlfile=/DOCREP/005/Y1579S/y1579s04.htm> [consulta: 2005, Junio 4].

10. Food and Drug Administration & Center for Food Safety and Applied Nutrition. (2001, September 30). **Chapter V: Methods to Reduce/Elimination Pathogens from Fresh and Fresh-Cut Produce**. [Documento en línea]. Disponible: <http://vm.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-5.html> [consulta: 2005, Mayo 20].
11. Suslow, Trevor. **Chlorination in the Production and Postharvest Handling of Fresh Fruit and Vegetables**. [Artículo en línea]. Disponible: <http://www.ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/5453/4369.pdf> [consulta: 2005, Junio].
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. (1995). **Fruit and vegetable processing**. [Documento en línea]. Disponible: http://www.fao.org/documents/showcdr.asp?url_file=/docrep/V5030E/V5030E0d.htm [consulta: 2005, Abril].
13. Pirovani, María; Piagentini, Andrea; Güemes, Daniel; Arkwright, Silvana. (2004). **Reduction of chlorine concentration and microbial load during washing – disinfection of shredded lettuce**. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 341-347.
14. Sinigaglia, M.; Albencio, M.; Corbo, Rosario. (1999). **Influence of process operations on shelf – life and microbial population of fresh – cut vegetables**. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 23, 484-488.
15. Nguyen-the, C.; Carlin, F. **The microbiology of minimally processed fresh fruit and vegetables**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34 (4), 371-401. [Resumen en línea]. Disponible: <http://www.crcjournals.com/> - 46k [consulta: 2005, Septiembre 10].
16. Giménez, Encarna. (2004). **Avances en productos mínimamente procesados en fresco**. *Horticultura Internacional*, 45. [Artículo en línea]. Disponible: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/57/995/57995.html> [consulta: 2005, Julio 15].

17. Crozier, Beth; Carter, Mark; Zheng, Zuoxing. (2003). **Formulating Food Safety: An Overview of Antimicrobial Ingredients.** *Food Safety Magazine*. [Artículo en línea]. Disponible: <http://www.foodsafetymagazine.com/> [consulta: 2005, Julio 15].
18. González, RJ; Luo, Y.; Ruiz, Cruz; McEvoy, JL. (2004). **Efficacy of sanitizers to inactivate Escherichia coli O157:H7 on fresh-cut carrot shreds under simulated process water conditions.** *Journal of Food Protection*, 67(11), 2375-80. [Abstract en línea]. Disponible: <http://www.foodprotection.org/publications/jfp.asp>. [consulta: 2005, Agosto 16].
19. Food Standard Australian. (2003, October 8). **Final Assessment Report Application A476: Acidified Sodium Chlorite as a Processing Aid.** [Normativa en línea]. Disponible: <http://www.foodstandards.gov.au> [consulta: 2005, Agosto 20].
20. Inatsu, Y; Bari, ML; Kawasaki, S; Isshiki, K; Kawamoto, S. (2005). **Efficacy of Acidified Chlorite Treatments in Reducing Escherichia coli O157:H7 on Chinese cabbage.** *Journal of Food Protection*, 68(2), 251-5. [Abstract en línea]. Disponible: <http://www.foodprotection.org/publications/jfp.asp>. [consulta: 2005, Agosto 16].
21. Suslow, Trevor. **Oxidation-Reduction Potential (ORP) for Water Disinfection Monitoring, Control and Documentation.** [Artículo en línea]. Disponible: <http://anrcataolg.ucdavis.edu>. [consulta: 2005, Junio].
22. Yen, Chyer; Bracckett, Robert. (1999). **Roles of Oxidation – Reduction Potential in Electrolyzed Oxidizing and Chemical Modified Water for the Inactivation of Food Related Pathogens.** *Journal of Food Protection*, 63(1), 19-24.
23. Corripio, Armando; Smith, Carlos. (1997). **Control Automático de Procesos Teoría y Práctica.** Editorial Limusa, S.A., México D.F.

24. Rodríguez, Jessica; Hernández, Heidi. (2004). **Automatización de la Planta de Gases de la Empresa AGA GAS**. Trabajo de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
25. Mata, Nelson. (1999). **Fundamentos Prácticos para el Control de Procesos**. Trabajo de grado de maestría no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
26. Manzarraga, Marcos. **Sistemas de Control con PLC**. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.euskalnet.net/m.ubiria/ARTICULOS.htm> [consulta: 2005, Abril].
27. Bal Raj Desshwall; Hang-Dae Jo; Hyung-Keun Lee. **Reaction Kinetics of Decomposition of Acidic Sodium Chlorite**. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 82, February 2004.
28. Cherry, John. (1999). **Improving the Safety of Fresh Produce with Antimicrobials**. *Food Technology*, 53 (11), 54-57.
29. Robert, Mott. (1996). **Mecánica de Fluidos Aplicada**. Prentice – Hall Hispanoamericana, S.A., México, cuarta edición.
30. PAVCO. **Manual Técnico de Tuberías y Accesorios PAVCO**.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Corrientes	Materia Prima	Vegetales Seleccionados Y Pre-cortado	Desechos Orgánicos	Desechos al container	Repollo Seleccionado Sin Lavar	Lechuga Seleccionada Sin Lavar	Repollo Prelavado	Lechuga Prelavada	Repollo Cortado	Lechuga Cortada	Ensalada Prelavada

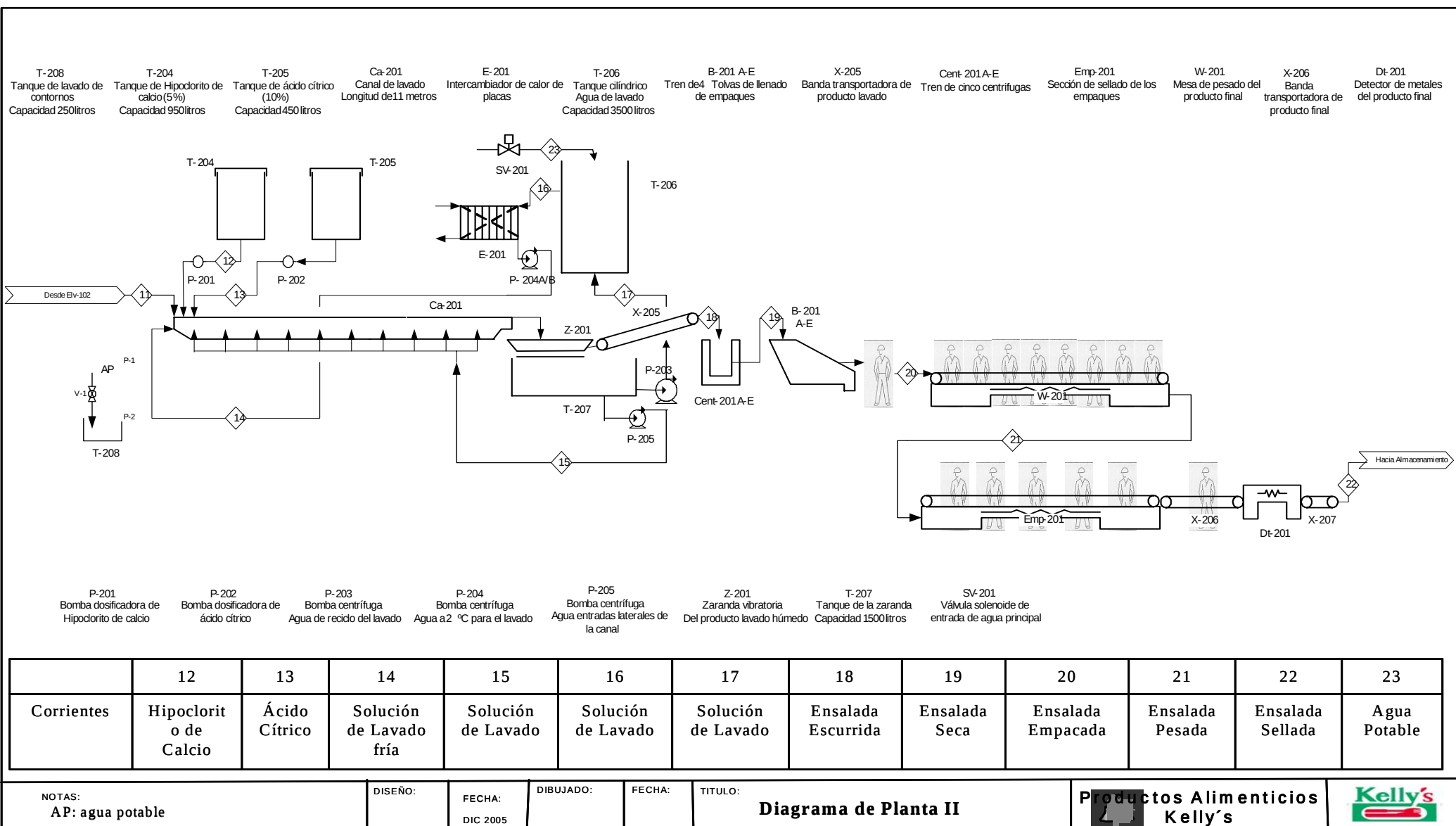
NOTAS:
AP: agua potable

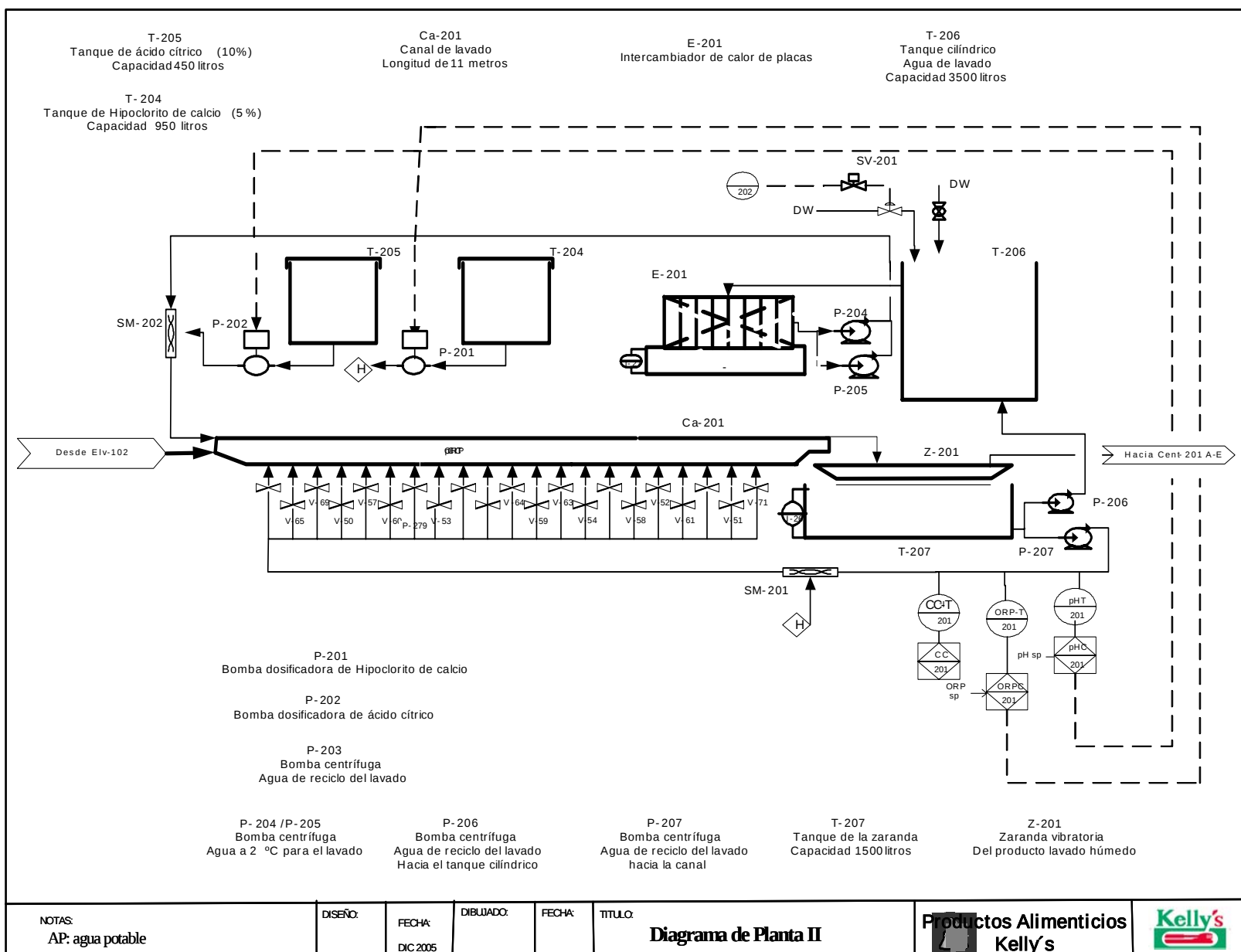
DISEÑO:
FECHA:
DIC 2005

DIBUJADO:
FECHA:

TÍTULO:
Diagrama de Planta I

Productos Alimenticios Kelly's





CAPÍTULO VI

ANEXOS

En este capítulo se presentan todos los anexos que fueron referenciados en los capítulos anteriores. Dichos anexos son el complemento de la información presentada a lo largo de este proyecto.

ANEXO N° 1

GLOSARIO

Agente antimicrobiano: Es un compuesto químico que inhibe el crecimiento o mata a los microorganismos. Un agente microbiano puede ser antibacteriano (mata bacterias), un antifúngico, un antivírico, etc., esto es en cuanto a su espectro de acción.

Agente microbida: Sustancia química capaz de destruir o matar a cualquier tipo de microorganismo. El único criterio válido para determinar la muerte de un microorganismo es la pérdida irreversible de la capacidad de división celular, es decir, de la pérdida de viabilidad, y se suele comprobar empleando técnicas con placas de Petri (es decir, confirmando que no crecen en medios sólidos adecuados).

Bacterias Gram negativas: Son organismos microscópicos y relativamente sencillos. Carecen de núcleo y de los orgánulos de las células más complejas o eucariotas; sin embargo, al igual que las células de las plantas, la mayoría posee una pared celular a base de carbohidratos. Algunas presentan cápsula y otras son capaces de evolucionar a esporas, formas viables capaces de resistir condiciones extremas. Las bacterias Gram negativas son las que se visualizan de color rojo, cuando se utiliza la técnica de tinción de membranas de bacterias.

Buenas Prácticas de fabricación: Son el conjunto de medidas preventivas o de control utilizadas en la fabricación, envasado, almacenamiento y transporte de los alimentos manufacturados, a fin de evitar, eliminar o reducir los peligros para la inocuidad de los alimentos. Están establecidas en la norma venezolana Buenas Prácticas de Fabricación, Almacenamiento y Transporte de Alimentos para Consumo Humano.

Cloro libre: Es el cloro que existe en solución acuosa en forma de ácido hipocloroso y de ión hipoclorito, cuando se utiliza un hipoclorito como desinfectante.

Cloro combinado: Es el cloro residual que existe en combinación con un compuesto orgánico nitrogenado o en forma de compuestos de sustitución clorados con acción oxidante, la mayoría de estos son cloraminas.

Cloro residual o disponible total: Es la suma del cloro libre y el cloro combinado.

Desinfección: Es el proceso de destrucción de los agentes infecciosos. No es una esterilización. Un desinfectante por ejemplo mata las formas vegetativas de los microorganismos, pero no necesariamente sus formas de resistencia o esporas.

Desinfectante: Agente, sobre todo químicos, antimicrobiano capaz de matar los microorganismos patógenos (infecciosos) de un material. Pueden, y en muchos casos suelen, presentar efectos tóxicos sobre tejidos vivos, por lo que se suelen emplear sólo sobre materiales inertes.

Espora: La palabra espora se emplea en dos acepciones diferentes. La mayoría de los micólogos llaman esporas a toda clase de células diferenciadas que se forman dentro o sobre órganos especiales o bien se desprenden de los mismos que por supuesto están destinadas a la propagación y diseminación de la especie. No obstante, algunos reservan el término para el producto de lo que equivale a un proceso sexual.

Microorganismo patógeno: En términos microbiológicos, la patogenicidad es la capacidad que tiene un microorganismo para producir una enfermedad, la cual puede tener diferentes grados de daño/mortalidad.

Sanitizante: Sustancia utilizada para tratar un producto limpio a través de un proceso que es efectivo destruyendo o reduciendo sustancialmente el número de microorganismos que pueden ser de objeto de riesgo para la salud pública, así como otros microorganismos indeseables, sin afectar de forma negativa la calidad del producto o su seguridad para el consumo.

**ANEXO N° 2: Cronograma de muestreo para el análisis
microbiológico**

CRONOGRAMA DE MUESTREO PARA EL ANALISIS MICROBIOLÓGICO																
Puntos a Evaluar	LUNES	Nº de muestras	Nº de placas	MARTES	Nº de muestras	Nº de placas	MIÉRCOLES	Nº de muestras	Nº de placas	JUEVES	Nº de muestras	Nº de placas	VIERNES	Nº de muestras	Nº de placas	
Manos de Operarios	E-coli-coliformes	2	2				E-coli-coliformes	2	2							
	Coliformes fecales	2	2				Coliformes fecales	2	2							
	Enterobacterias	2	2				Enterobacterias	2	2							
Equipos de trabajo				Aerobios	3	3										
				E. Coli coliformes	3	3										
				Enterobacterias	3	3										
Agua de consumo										E. Coli coliformes	2	2				
										Salmonella/Enterobacterias	2	2				
										Listeria	2	0				
Agua del reciclo del sistema de lavado	E-coli-coliformes	5	5				E-coli-coliformes	5	5							
	Aerobios totales	5	5				Aerobios totales	5	5							
	Mohos y Levaduras	5	5				Mohos y Levaduras	5	5							
Materias primas	Aerobios totales	2	8				Aerobios totales	1	4							
	E-coli-coliformes	2	8				E-coli-coliformes	1	4							
	Mohos y Levaduras	2	8				Mohos y Levaduras	1	4							
Ambiente y superficies				Mohos y levaduras	4	4					E. Coli coliformes	4	4			
				Aerobios	4	4					Enterobacterias	4	4			
Baños y Vestuarios													E.coli coliformes	6	6	
													Enterobactrias	6	6	
													Listeria	6	0	
Empaques										Aerobios totales	1	1				
										E-coli-coliformes	1	1				
Guantes, Mangas y Delantales							E. coli coliformes	3	3							
							Enterobacterias	3	3							
							Mohos y levaduras	3	3							
Lechuga a cuadros	Aerobios totales	1	3													
	Mohos y Levaduras	1	3													
	E. Coli coliformes	1	3													
Ensalada Mixtura	Aerobios totales	1	3													
	Mohos y Levaduras	1	3													
	E. Coli coliformes	1	3													
Repollo Arturo´s	Aerobios totales	1	3													
	Mohos y Levaduras	1	3													
	E. Coli coliformes	1	3													
Ensalada McDonald				Aerobios totales	1	3										
				Mohos y Levaduras	1	3										
				E. Coli coliformes	1	3										
Ensalada Supermecado				Aerobios totales	1	3										
				Mohos y Levaduras	1	3										
				E. Coli coliformes	1	3										
Cebolla en tiras				Aerobios totales	1	3										
				Mohos y Levaduras	1	3										
				E. Coli coliformes	1	3										
Ensalada Arturo`s mixta con rábanos							Aerobios totales	2	6							
							Mohos y Levaduras	2	6							
							E. Coli coliformes	2	6							
Ensalada célerý con zanahoria							Aerobios totales	1	3							
							Mohos y Levaduras	1	3							
							E. Coli coliformes	1	3							

ANEXO N° 3

MÉTODO PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN LOS VEGETALES

En este anexo se hará una descripción completa del procedimiento a seguir para la preparación de muestras para el análisis microbiológico y el método para el recuento total de microorganismos.

1. Equipos e Instrumentos

- Balanza de 2000 g de capacidad con una apreciación de ± 0.1 g.
- Envases apropiados estériles para contener las muestras
- Frascos con capacidad para contener 250 ml de diluyente
- Pipetas gradadas estériles de 1 y 10 ml
- Tubos de ensayo estériles con capacidad para contener 10 ml de muestra
- Autoclave (Figura N° 16)
- Estufa con regulador de temperatura a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ para incubación
- Termómetro
- Contador de colonias Québec (Figura N° 17)
- Equipo de uso común en el laboratorio
- Láminas plásticas difusoras para placas Petrifilm

2. Materiales y Reactivos

- Placas Petrifilm (Figura N° 18) de los siguientes tipos:
 - Placas de Petrifilm para recuento de mohos y levaduras
 - Placas de Petrifilm para recuento de E. coli y coliformes
 - Placas de Petrifilm para recuento de aerobios totales
- Agua Peptonada al 0.1 % como diluyente

3. Esterilización del material para análisis microbiológico

3.1 Lavar cuidadosamente con un jabón el material que va a ser esterilizado.

3.2 Colocar en la autoclave el material limpio y esterilizarlo durante 15 minutos a una presión de 15 psi.

3.3 Una vez que se haya enfriado la autoclave destápela siguiendo las medidas de seguridad del equipo y con las manos limpias y desinfectadas retire el material de la autoclave y guárdelo en el área aséptica correspondiente.

4. Preparación de las muestras

4.1 La muestra deberá ser identificada con la siguiente información:

- a) fecha de toma de la muestra
- b) Nombre y tipo de producto
- c) Ingredientes del producto
- d) Número de lote de fabricación
- e) Contenido neto de la muestra
- f) Fecha de fabricación y fecha de vencimiento
- g) Temperatura de la muestra

4.2 Se pesan 25 g ± 0.1 g en una bolsa de polietileno estéril.

4.3 Se añaden 225 ml de diluyente a un envase de vidrio estéril con tapa y se agregan los 25 g de muestra.

4.4 Se agita vigorosamente la muestra 50 veces en un ángulo de 45°. A partir de esta preparación se obtiene la primera dilución (10^{-1}).

4.5 A partir de la dilución preparada en el paso anterior se procede de inmediato a preparar las diluciones necesarias de la siguiente forma:

4.5.1 Se miden 1 ml de la dilución 10^{-1} y se transfiere a un tubo que contenga 9 ml de diluyente para obtener la dilución 10^{-2} y se agita el tubo 25 veces en un ángulo de 45°.

4.5.2 Se repite este procedimiento para obtener tantas diluciones como sean necesarias.

4.5 Se debe proceder a inocular las muestras preparadas en los próximos 20 min

5. Procedimiento para el recuento de los microorganismos mencionados en el punto N° 2

4.1 Colocar la placa de Petrifilm apropiada, previamente identificada sobre una superficie plana.

4.2 Levantar la película superior, que recubre la placa y con una pipeta colocada perpendicularmente sobre la placa verter 1 ml de la muestra o de sus diluciones en el centro del círculo que contiene el medio deshidratado, ubicado en la película inferior (Figura N° 18)

4.3 Deslizar con cuidado la película superior sobre la inferior, tratando de no formar burbujas.

4.4 Inmediatamente después distribuir el inóculo sobre el área del medio de cultivo deshidratado usando la lámina plástica difusora correspondiente al tipo de placa que se está utilizando.

4.5 Retirar la lámina plástica difusora con un movimiento rápido hacia arriba, evitando giros o movimientos horizontales. Dejar la placa en reposo por aproximadamente 1 min, para permitir la solidificación del agente gelificante.

4.6 Incubar las placas Petrifilm según las siguientes especificaciones:

- Para las placas de Petrifilm para recuento de mohos y levaduras utilizar una temperatura de incubación de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y durante 3-5 días
- Para las placas de Petrifilm para recuento de *E. coli* y coliformes utilizar una temperatura de incubación de $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 24 a 48 horas ± 2 horas.
- Para las placas de Petrifilm para recuento de aerobios totales coliformes utilizar una temperatura de incubación de $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 48 horas ± 3 horas.

4.7 Lectura de las placas: Finalizado el período de incubación y con la ayuda de un contador de colonias, contar las ufc utilizando las guías de interpretación de Petrifilm para cada tipo de placa.

4.8 Reportar el conteo total hecho en placa multiplicado por el inverso de la dilución correspondiente.

4.9 Si no hay desarrollo de colonias en la placa se reporta “menos de 1” si se siembra la muestra directa o menos de 1 por el inverso de la dilución si se siembran diluciones de la muestra.

NOTA: antes de realizar cualquier evaluación en el laboratorio realice una desinfección del área de trabajo y utilice el mechero para conservar una alta temperatura en la cercanía del área de siembra.

6. Figuras



Figura N° 16: Autoclave utilizada para esterilizar material de laboratorio



Figura N° 17: Contador de colonias Quebec

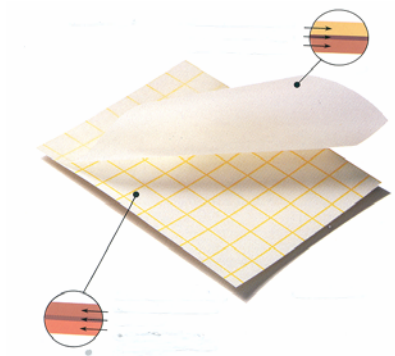


Figura N° 18: Placa de Petrifilm

ANEXO N° 4

MÉTODO PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN MUESTRAS DE AGUA DE PROCESO

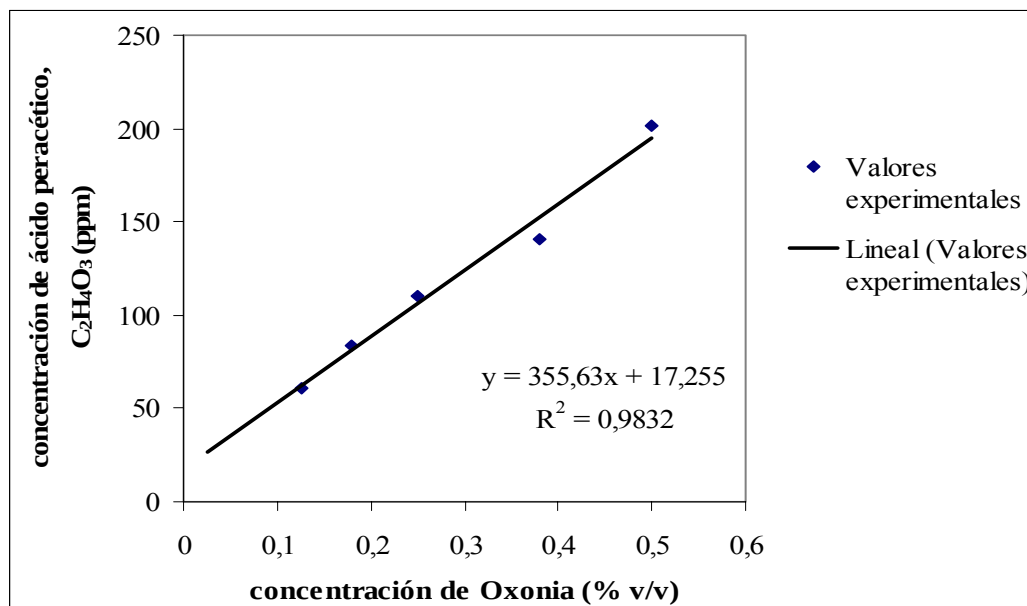
Con las placas Petrifilm se pueden realizar análisis de aguas tanto residuales como potables, para ello se sigue el siguiente procedimiento:

1. Para aguas residuales o de proceso tome aproximadamente 500 ml de muestra en un frasco estéril con tapa.
2. Si la muestra de agua ha sido clorada utilice un volumen de caldo Letheen igual al volumen de la muestra o siembre antes de transcurridos 20 minutos después de la toma de la muestra, para evitar que el cloro inhiba el crecimiento microbiano en la placa.
3. Tome 1 ml de la muestra sin diluir e inocúelo según el procedimiento para el recuento de microorganismos presentado en el anexo anterior.
4. Incube la placa según el tipo de evaluación y realice el conteo.
5. Se recomienda sembrar un blanco para tener como referencia de cero desarrollos microbianos en la placa, para ello inocule 1 ml de la muestra en una placa de Petrifilm y consérvela a temperatura de refrigeración en una nevera. Utilícela para el momento del conteo en placas.

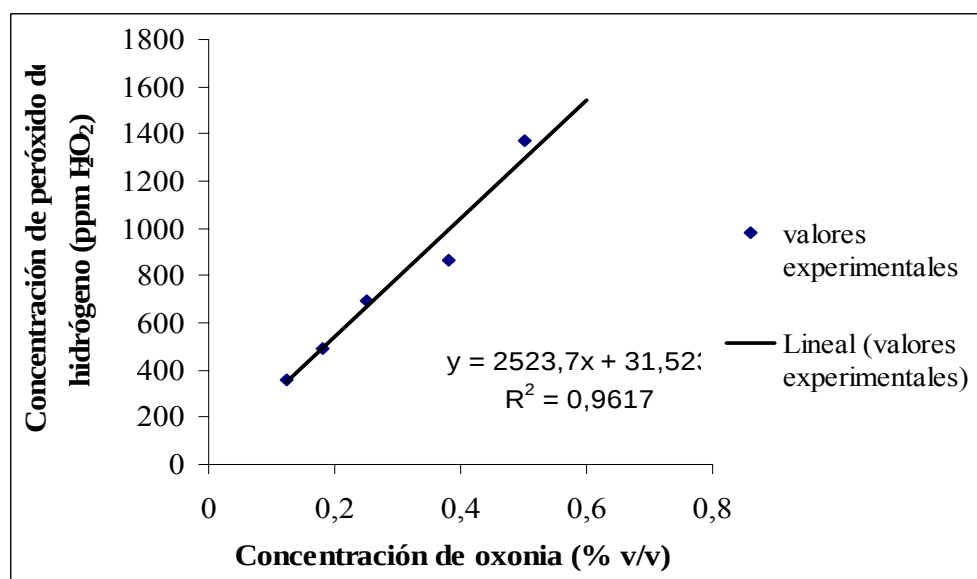
ANEXO N° 5: Procedimiento corregido

ANEXO N° 6

CURVAS DE RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO PERACÉTICO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y LA CONCENTRACIÓN OXONIA



Gráfica N° 13: Relación Concentración de Oxonia - Concentración de ácido peracético obtenida por medio de las curvas de titulación



Gráfica N° 14: Relación Concentración de Peróxido de Hidrógeno - Concentración de Oxonia

ANEXO N° 7

OXONIA ACTIVO

Composición

OXONIA ACTIVO es un rápido desinfectante de acción directa, no espumante, a base de una estabilizada combinación de peróxido de hidrógeno y ácido peracético. OXONIA ACTIVO es un líquido de color claro, con una densidad de 1.18 kg/l.

Propiedades

OXONIA ACTIVO es especialmente notable por su gran eficacia, a bajas temperaturas contra todo tipo de microorganismos, incluyendo esporulantes y virus. En consecuencia permite ahorrar costes energéticos. Alternativamente, si se aplica a mayores temperaturas se acelera su rapidez de acción reduciéndose el tiempo de trabajo. Por su composición permite, además de su acción inmediata, una acción prolongada. Esta propiedad lo hace adecuado para la desinfección por reposo durante las pausas largas de trabajo.

Olor

A las concentraciones de empleo indicadas es prácticamente inodoro. El producto puro tiene un olor picante.

Miscibilidad

Es miscible en agua a cualquier proporción y puede utilizarse como aditivo desinfectante en disoluciones limpiadoras ácidas. La concentración del limpiador ácido puede ser hasta de 3%.

Comportamiento Espumante

Las disoluciones de OXONIA ACTIVO no hacen espuma.

Estabilidad en Almacenaje

El producto puro es estable durante un año entre las temperaturas de 20-35°C, siempre que se evite la exposición de los rayos solares y se mantengan los envases tapados. En el caso de tener que trasvasar el OXONIA ACTIVO a otro envase, éste debe limpiarse bien con un limpiador ácido. Observando estas recomendaciones, se garantizará una larga estabilidad.

VALOR pH

OXONIA ACTIVO puro tiene un pH de 1. En la siguiente tabla se muestran los valores de pH, según la dureza del agua utilizada, expresada en ppm de CaCO_3 .

Concentración OXONIA ACTIVO	0 ppm	290 ppm	540 ppm
Agua sola	5,0	7,2	7,6
0,05	4,0	6,4	6,8
0,1	3,8	6,3	6,7
0,3	3,6	5,3	5,8
0,5	3,3	4,6	5,3
1,0	3,1	4,1	4,6
5	2,1	3,2	3,6

COMPORTAMIENTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Toxicidad

P3-OXONIA ACTIVO es poco tóxico

LD_{50} = 2,25 (2,1 – 2,4) ml/Kg (ratas oral)

Efectos sobre la epidermis

A las concentraciones de empleo, es poco irritante, aplicando repetidas disoluciones al 5%, sobre la piel de cobayas (ratones) no se observan reacciones. Concentraciones más altas, aplicadas repetidas veces, producen irritaciones. Cuando se aplican, en repetidas ocasiones, disoluciones del 2,5% sobre la piel humana, no se observan reacciones. A más altas concentraciones o largos tiempos de contacto se producen irritaciones.

Efectos sobre las mucosas

El contacto del producto diluido con las mucosas provoca fuerte reacciones, ensayado en los ojos de conejo. En consecuencia, debe evitarse el contacto de OXONIA ACTIVO con los ojos. En el caso de que los ojos fueran alcanzados por alguna salpicadura, deben enjuagarse, rápidamente e intensamente, con agua corriente y eventualmente debería efectuarse una revisión por un medico oftalmólogo.

Toxicidad de las inhalaciones

Se han realizado prueba con ratas, pulverizando una solución al 5% en la cantidad de 18 g/m³ y no se han presentado síntomas. Pulverizando en una niebla el producto puro, en la cantidad de 11,6g/cm³, las cobayas presentan fuerte irritación que se debilita paulatinamente al cesar la exposición y finalmente no se encuentran lesiones perceptibles.

Aguas Residuales: OXONIA ACTIVO no contamina las aguas residuales. En su acción se descompone en agua y trazas de ácido acético. Es biodegradable.

Campos de Aplicación

P3-OXONIA ACTIVO es adecuado para la desinfección rápida en toda la Industria Alimenticia.

DETERMINACION DE LA CONCENTRACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDROGENO Y ÁCIDO PERACÉTICO EN SOLUCIONES DE OXONIA ACTIVO:

Reactivos:

- Ácido Sulfúrico 25%
- Permanganato de potasio (KMnO₄) 0,1 N (La solución debe preservarse de la luz y renovarse cada dos semanas).
- Tiosulfato sódico (Na₂S₂O₃) 0,1 N renovarse cada dos semanas.
- Solución de almidón.

Determinación:

Adicionar 25 ml de solución de sulfúrico a 50 ml de la solución de OXONIA ACTIVO a una concentración determinada. Valorar con el permanganato potásico hasta un ligero viraje de color de incoloro a rosado. La coloración inicial desaparece por adición de un pequeño exceso de reactivo.

Si se ha añadido exceso de permanganato y la solución está fuertemente coloreada, se debe tomar una nueva muestra y desechar la anterior. Después del primer cambio de color agregar unos cristales de yoduro de potasio (IK), 1 gramo aproximadamente y 2 ml de la solución de almidón procediendo a valorar con el

tiosulfato de sodio inmediatamente hasta que desaparezca la coloración azul. La valoración debe llevarse a cabo inmediatamente.

Cálculos:

1. Consumo de KMnO_4 en ml.

Multiplicado por 34 = ppm de H_2O_2 (peróxido de hidrogeno)

2. Consumo de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en ml.

Multiplicado por 76 = ppm de ácido peracético.

**OBSERVACIONES SOBRE EL USO Y ALMACENAJE DEL OXONIA
ACTIVO**

➤ P3-OXONIA ACTIVO no presenta peligrosidad en su manejo, en las concentraciones de empleo recomendadas. Sin embargo con el producto puro deben tenerse en cuenta diversas percepciones obligatorias para el trabajo con sustancias conteniendo peróxido de hidrogeno.

➤ P3 – OXONIA ACTIVO es muy oxidante

➤ No debe utilizarse puro

➤ Es preferible almacenarlo y dosificarlo en las bombas de origen

➤ El producto puro no debe ponerse en contacto con sustancias orgánicas (suciedades orgánicas, grasas, aceites, goma, papel, viruta de madera, corcho, etc.), así como con productos puros de limpieza y desinfección.

➤ No usar mangueras de goma o envases y depósitos sucios para trasvases. El producto puro sólo debe trasvasarse o hacer circular por envases, depósitos o tuberías limpias. Estos deben limpiarse previamente con un limpiador ácido. (El material debe ser resistente al ácido)

➤ Cuando se almacene en un depósito cerrado, éste debe estar provisto de una válvula de salida de gases que no permita la entrada de suciedades.

➤ Debe evitarse el contacto con los ojos y la piel, por ello se usarán gafas de seguridad, guantes y ropas apropiadas para trabajar el componente puro.

ANEXO N° 8

OXONET

P3-OXONET es un agente de oxidación a base de clorito de sodio. Se emplea en equipos bellozon u OXOMAT en combinación con ácidos de grado alimenticio.

PROPIEDADES

Aspecto:	Líquido transparente
Solubilidad:	A 20°C soluble en agua en cualquier proporción
Densidad:	1.082 g/cm ³
Estabilidad	- 0°C hasta 45°C, máximo 1 año
almacenamiento:	
Viscosidad (dinámica):	1.20 mPa s (20°C, agua desmin.)
pH:	9.8 (1%, 20°C, agua desmin.)
Punto de inflamación:	No procede
Formación de espuma:	Libre de espuma (sin tensoactivos)
Contenido P:	Libre de P y por lo tanto libre de fosfato
Contenido N:	Libre de N y por lo tanto libre de nitrato
Endurecimiento:	Empacaduras: apropiada para Buna, NBR, SBR, EPT y otros materiales usuales para empacadura. Por la oxidación se puede presentar un endurecimiento y por lo tanto la pérdida de propiedades de elasticidad permanente.
Valores de corrosión:	Prueba de corrosión según DIN 50905, interpretación del antiguo DIN

Compatibilidad de materiales:

Metales: apropiado para metales como: aluminio, acero inoxidable, chapas cubiertas de zinc y muchos otros metales, cuya compatibilidad en caso de aplicación, debería ser probada dependiendo de las condiciones de aplicación.

Plásticos: apropiado para PVC, PTFE, PDVF, poliacrilatos, así como polímeros de mezcla, copolímeros y polímeros de bloque. En caso necesario, otros plásticos deben ser probados en referencia a su compatibilidad.

En especial los plásticos con grandes cantidades de ablandadores se pueden volver viejos y quebradizos más rápido según las condiciones de aplicación.

APLICACIÓN:

OXONET es utilizado en combinación con OXOCID u OXODES en los equipos de generación y dosificación de dióxido de cloro para el tratamiento de agua en proceso en lavadores de botellas y pasteurizadoras, o para el tratamiento de aguas de proceso, de servicio, potables y residuales (OXODES).

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLORITO DE SODIO
EN SOLUCIONES DE OXONET**

Para la determinación de clorito de sodio se realizó la siguiente marcha analítica:

Reactivos:

- Solución de yoduro de potasio (15 % m/v)
- Ácido clorhídrico concentrado (35 %)
- Solución de tiosulfato de sodio 0.1 N
- Solución indicadora de almidón (1 %)

Materiales y Equipos

- Bureta de 50 ml
- Fiolas de 250 ml
- Balanza Analítica
- Material de vidrio general de laboratorio
- tiras de determinación de pH

Procedimiento:

1. Preparar la muestra de oxonet a la concentración deseada (% v/v)
2. Añadir en una fiola de 250 ml, 100 ml de la muestra preparada en el paso anterior y agregarle 10 ml de solución de yoduro de potasio al 15 % y 5 ml de ácido clorhídrico al 35 %.
3. Valorar la solución del paso 2 con la solución de tiosulfato de potasio 0.1 N hasta obtener un color amarillo pálido en la solución.
4. Adicionar 2 ml de solución indicadora de almidón y continuar titulando hasta el viraje de color de azul a incoloro.

Cálculo

Para la determinación de cloro expresado como concentración de clorito de sodio en ppm se utilizó la siguiente ecuación simplificada:

$$Cl_2 = mlNa_2S_2O_3 * 22.65$$

Donde:

mlNa₂S₂O₃; ml de tiosulfato de sodio consumidos en la titulación

ANEXO N° 9

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE LECHUGA AMERICANA CORTADA A CUADROS

Muestra:				
Escala *	1	2	3	4
Apariencia				
Color Verde Oscuro				
Color Verde Claro				
Color Amarillento				
Marchito				
Oxidado				
Textura				
Crujiente				
Firme				
Flácido				
Sabor				
Característico del vegetal				
Ácido				
Metálico				
Amargo				
A cloro				
Sabor a otra sustancia especifique:				
Fermentado				
Dulce				
Afrutado				
Mohoso				
Olor				
Característico del vegetal				
A cloro				
A otra sustancia especifique:				

* Leyenda de la escala:

- 1 = La muestra no presenta esta característica
- 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica
- 3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica
- 4 = La muestra exhibe completamente esta característica

ANEXO N° 10

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE LA ENSALADA CONSTITUIDA POR REPOLLO MORADO Y BLANCO Y ZANAHORIA

Muestra:				
Escala *	1	2	3	4
Apariencia				
Color característico de cada vegetal				
Descolorido el repollo morado				
Descolorida la zanahoria				
El Repollo blanco está manchado especifique:				
Marchito				
Oxidado				
Textura				
Crujiente				
Firme				
Flácido				
Sabor				
Característico del vegetal				
Ácido				
Metálico				
Amargo				
A cloro				
Sabor a otra sustancia especifique:				
Fermentado				
Dulce				
Afrutado				
Mohoso				
Olor				
Característico del vegetal				
A cloro				
A otra sustancia especifique:				

* Leyenda de la escala:

- 1 = La muestra no presenta esta característica
- 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica
- 3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica
- 4 = La muestra exhibe completamente esta característica

ANEXO N° 11

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE LA ENSALADA COMPUESTA POR LECHUGA AMERICANA Y ROMANA- ZANAHORIA - RADQUIO

Muestra:				
Escala *	1	2	3	4
Apariencia				
Color característico de cada vegetal				
Descolorido algún vegetal especifique:				
Marchito				
Oxidado				
Textura				
Crujiente				
Firme				
Flácido				
Sabor				
Característico de los vegetales				
Ácido				
Metálico				
Amargo				
A cloro				
Sabor a otra sustancia especifique:				
Fermentado				
Dulce				
Afrutado				
Mohoso				
Olor				
Característico de los vegetales				
A cloro				
A otra sustancia especifique:				

* Leyenda de la escala:

- 1 = La muestra no presenta esta característica
- 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica
- 3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica
- 4 = La muestra exhibe completamente esta característica

ANEXO N° 12

CÁLCULO TIPO DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

Se describirá en esta sección el cálculo tipo realizado para estimar la cabeza total de las bombas centrífugas de los equipos de las nuevas etapas de lavado.

Datos:

- Equipo definido para producir 15000 kg/día
- Utilizando 10 lt/kg de producto
- Flujo a manejar: agua para una canal y agua con desinfectante en la otra, pero como se trabaja a concentraciones muy bajas se toma como agua también.
- Tuberías de PVC
- Accesorios del sistema de canal N° 1:
 - o 1 válvula de bola
 - o 1 válvula check
 - o 3 codos de 90°
 - o 4 codos de radio largo de 90°
 - o 1 tramo de tubería de 4.04 m de longitud de 2" PVC ced. 40
 - o 6 bifurcaciones de 1/2" en un tramo de tubería de 2.0 m
 - o 1 diferencial de altura respecto de la bomba de $\Delta Z = 1.1$ m
- Accesorios del sistema N° 2
 - o 1 válvula check
 - o 12 codos
 - o 1 válvula de globo
 - o 1 tramo de tubería de 5.32 m de 2" PVC ced. 40
 - o 6 bifurcaciones de 1/2" en un tramo de tubería de 2.0 m
 - o Un diferencial de altura respecto de la bomba de $\Delta Z_2 = 1.65$ m

Cálculo del sistema de canal N° 1:

1. Caudal de agua manejada

$$Q_{lav} = \frac{15000kg}{9hr} * \frac{10lt/kg}{60} = 278lt/min$$

Q_{lav} : flujo de agua de lavado (lt/min)

2. Velocidad media del flujo de agua de lavado

$$U_m = \frac{Q_{lav} * 4}{\pi * Di^2}$$

U_m : velocidad media de flujo de agua de lavado (m/seg)

Di : diámetro interno de la tubería de 2" PVC ced 40³⁰ (m)

$$U_m = \frac{0.28m^3/min * 4}{\pi * (0.053)^2} = \frac{127m/min}{60} = 2.12m/seg$$

3. Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{U_m * \rho * Di}{\mu}$$

Re: número de reynolds (-)

μ : viscosidad del agua de lavado a la temperatura de proceso de 1 °C leído del nomograma de viscosidades para líquidos²⁹

ρ : densidad del agua de lavado (kg/m³)

$$Re = \frac{2.12m/seg * 1000kg/m^3 * 0.053m}{1.52 * 10^{-3} Pa * s} = 73572$$

4. Cálculo del Factor de Darcy

$$\frac{1}{fd} = -2 * \log_{10} * \left(\frac{\xi / Di}{3.71} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{fd}} \right)$$

fd: Factor de Darcy (-)

ξ : Aspereza tomada para una tubería lisa como $5 * 10^{-6}$

$$\frac{1}{fd} = -2 * \log_{10} * \left(\frac{5 * 10^{-6} / 0.053}{3.71} + \frac{2.51}{73572 * \sqrt{fd}} \right)^{-2}$$

$$fd = 1.93 * 10^{-2}$$

5. Pérdidas en el tramo de tuberías ³⁰

$$J = \frac{4.726 * L * Q_{lav}^{1.852}}{D_i^{4.87} * C^{1.852}}$$

J : pérdidas de carga por cada 100 m (m)

L : longitud del tramo (m)

C : coeficiente de fricción (-) tomado en función del caudal y el diámetro de tubería ²⁹

$$J = \frac{4.726 * 4.04 * (4.67 * 10^{-3})^{1.852}}{0.053^{4.87} * 3.618^{1.852}}$$

$$J = \frac{134.4m}{100} = 1.34m$$

6. Pérdidas en los accesorios

$$H_{acc} = \sum \frac{L_{eq}}{D} * f d * \frac{U m^2}{2 * g} = 1.8m$$

H_{acc} : pérdidas por los accesorios incluidos codos y válvulas y tomando el L/D de la tabla de pérdidas para accesorios ²⁹. Se indica la sumatoria porque incluye todos los accesorios mencionados

$$H_{acc} = \sum \frac{L_{eq}}{D} * f d * \frac{U m^2}{2 * g} = 1.8m$$

7. Velocidad media en las bifurcaciones

Se supone que del flujo total entra el mismo caudal a cada bifurcación debido a que todas las entradas de las bifurcaciones son del mismo diámetro y tienen los mismos accesorios y las pérdidas en tramo de tubería de PVC cortos es muy pequeña, lo que hace el flujo tenga aproximadamente la misma resistencia para entrar a cada bifurcación. Por esta razón se estimó que el caudal en cada bifurcación sería de 1/6 del caudal total.

$$U_{mi} = \frac{Q_{lav} / 6}{\pi * D_i^2} * 4$$

U_{mi} : velocidad media del flujo en el tramo de 1/2" (m/seg)

D_i : diámetro interno de la tubería de 1/2" ³⁰

$$U_{mi} = \frac{7.72 * 10^{-4}}{\pi * (0.01662)^2} = 3.56 \text{ m / seg}$$

8. Pérdidas por contracción brusca

$$H_{fc} = \frac{k * U_{mi}^2}{2 * g} * 6$$

H_{fc} : pérdidas por las seis contracciones bruscas de las bifurcaciones (m)

K : factor para una contracción brusca (-)²⁹

$$H_{fc} = \frac{0.44 * (3.56)^2}{2 * 9.8 \text{ m / seg}} * 6 = 10.2 \text{ m}$$

9. Número de Reynolds en el tramo de ½"

$$Re_i = \frac{U_{mi} * \rho * Di}{\mu}$$

Re_i : número de reynolds del tramo de tubería ½" (-)

$$Re_i = \frac{3.56 \text{ m / seg} * 1000 \text{ kg / m}^3 * 0.01662 \text{ m}}{1.52 * 10^{-3} \text{ Pa} * \text{s}} = 38925$$

10. Cálculo del Factor de Darcy

$$\frac{1}{fd_2} = -2 * \log_{10} * \left(\frac{\xi / Di}{3.71} + \frac{2.51}{Re_i * \sqrt{fd_2}} \right) = fd_2 = 2.2 * 10^{-2}$$

fd_2 : Factor de Darcy del tramo de tubería ½" (-)

ξ : Asperidad tomada para una tubería lisa como $5 * 10^{-6}$

$$\frac{1}{fd_2} = -2 * \log_{10} * \left(\frac{5 * 10^{-6} / 0.01662}{3.71} + \frac{2.51}{38925 * \sqrt{fd_2}} \right)$$

$$fd_2 = 2.2 * 10^{-2}$$

11. Pérdidas en los tramos de tuberías de ½"

Como cada tramo de tubería es de 2 m y son seis bifurcaciones se tomó un tramo total de 12 m.

$$Hbif = \frac{fd_2 * L_2 * Umi^2}{Di * 2 * g}$$

Hbif: pérdidas en los tramos de ½” (m)

L₂: longitud de tuberías total (m)

$$Hbif = \frac{0.022 * 12m * 3.56^2}{0.01662m * 2 * 9.8} = 10.27m$$

12. Cabeza total de la bomba

$$Hb = \Delta z + Hbif + Hfc + Hacc + J$$

Hb: Cabeza total de la bomba (m)

Con Hb de aproximadamente 25 m y un caudal de 73 gal/min se seleccionó la bomba utilizando las curvas dadas por el fabricante

$$Hb = 1.1m + 1.34 + 10.2m + 10.27 + 1.8 = 24.71m$$

13. Cabezal total para el sistema de canal N° 2

$$Hb_2 = \Delta z_2 + J_2 + Hbif_2 + Hacc_2 + Hfc_2$$

Hb₂: Cabeza total de la bomba (m)

Hbif₂: pérdidas en los tramos de ½” (m)

Hacc₂: pérdidas por los accesorios incluidos codos y válvulas (m)

J₂: pérdidas de carga por cada 100 m (m)

$$Hb_2 = 1.65m + 1.76m + 10.2m + 2.25m + 10.27m = 26.13m$$

Con Hb de aproximadamente 26 m y un caudal de 73 gal/min se seleccionó la bomba utilizando las curvas dadas por el fabricante

ANEXO N° 13: Layout de la Sección de la Planta N° 1

ANEXO N° 14: DFP Nuevas Etapas Incluidas

ANEXO N° 15

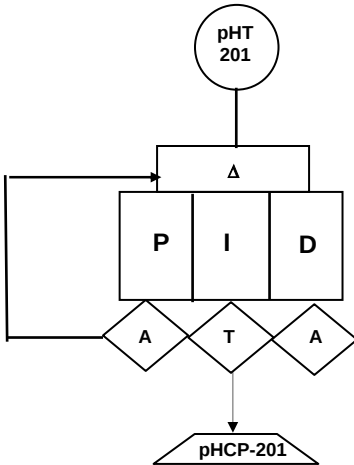
 PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LA ETAPA DE LAVADO DE VEGETALES	HOJA DE DESCRIPCION DE ESTRATEGIA DE CONTROL			HOJA No.: de	
	DOCUMENTO No.:		ARCHIVO No.:		PREPARADO POR: Johanna Mora
	REVISIONES				
	No.:	POR	FECHA:	REVISADO:	FECHA:
				APROBADO:	FECHA:

1. TAGNAME: pHIC-201

2. VARIABLE CONTROLADA:
pH

3. VARIABLE MANIPULADA:
Flujo de Acido Cítrico

4. VARIABLES DE PERTURBACIÓN:
Flujo de Hipoclorito de calcio



5. TIPO DE MEDIDOR:
Sensor Electrodo de pH.

6. RANGO DE LA VARIABLE MEDIDA:
0-14 (4-20 mA)

7. TIPO DE CONTROLADOR: Proporcional-Integral-Derivativo (PID) **Acción:** Directa

8. PUNTO DE AJUSTE (Set Point):
6.5 (-)

9. ELEMENTO FINAL DE CONTROL:
Bomba dosificadora de ácido cítrico

10. JUSTIFICACIÓN DEL LAZO:
Mantener el pH de proceso para favorecer la actividad desinfectante del Hipoclorito de calcio

OBSERVACIONES:

ANEXO N° 16

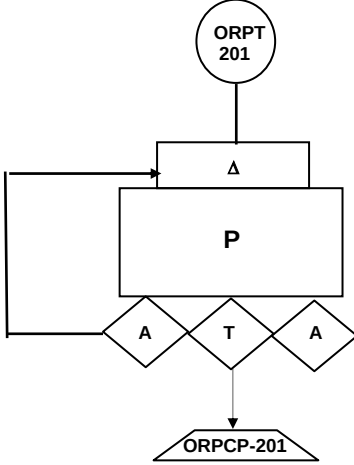
 PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LA ETAPA DE LAVADO DE VEGETALES	HOJA DE DESCRIPCION DE ESTRATEGIA DE CONTROL			HOJA No.: de		
	DOCUMENTO No.:		ARCHIVO No.:		PREPARADO POR: Johanna Mora	FECHA: 11/2005
	REVISIONES					
	No.:	POR	FECHA:	REVISADO:	FECHA:	
				APROBADO:	FECHA:	

1. TAGNAME: ORPIC-201

2. VARIABLE CONTROLADA:
Potencial de Óxido Reducción (ORP)

3. VARIABLE MANIPULADA:
Flujo de Hipoclorito de calcio

4. VARIABLES DE PERTURBACIÓN:
Variaciones en la carga microbiológica del producto procesado



5. TIPO DE MEDIDOR:
Sensor Electrodo de ORP.

6. RANGO DE LA VARIABLE MEDIDA:
0 – 1000 mV (4-20 mA)

7. TIPO DE CONTROLADOR: **Acción:** Inversa
Proporcional (P)

8. PUNTO DE AJUSTE (Set Point):
750 mV

9. ELEMENTO FINAL DE CONTROL:
Bomba dosificadora de hipoclorito de calcio

10. JUSTIFICACIÓN DEL LAZO:
Garantizar el nivel de desinfección de los vegetales

OBSERVACIONES:

ANEXO N° 17

PRUEBA EN ESCALÓN

Asumiendo un lazo de control con un controlador, el experimento de respuesta al escalón se puede realizar de la siguiente manera:

Espere hasta que el proceso está en descanso. Ponga el controlador en manual. Cambie la variable manipulada rápidamente. Registre la variable de proceso (controlada) y escálela dividiéndola por el cambio en la variable manipulada.

El cambio en la variable controlada debe ser el más grande posible de manera de obtener la mayor relación de señal a ruido. Repita la prueba para amplitudes diferentes de la señal de entrada y para diferentes condiciones de operación.

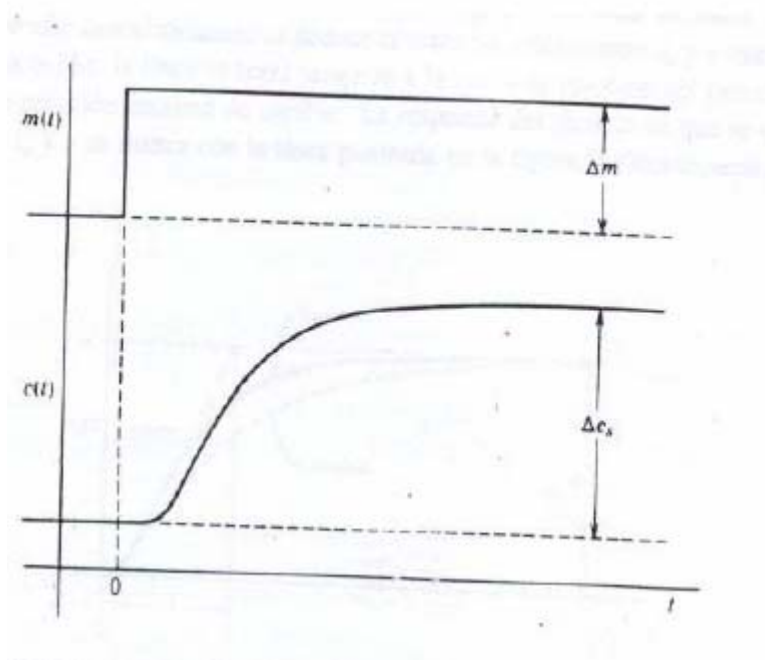


Figura N° 19: Curva Característica de una Prueba en Escalón

ANEXO N° 18

Resultados de la Simulación a lazo cerrado del control de la variable ORP sin considerar el proceso de lavado

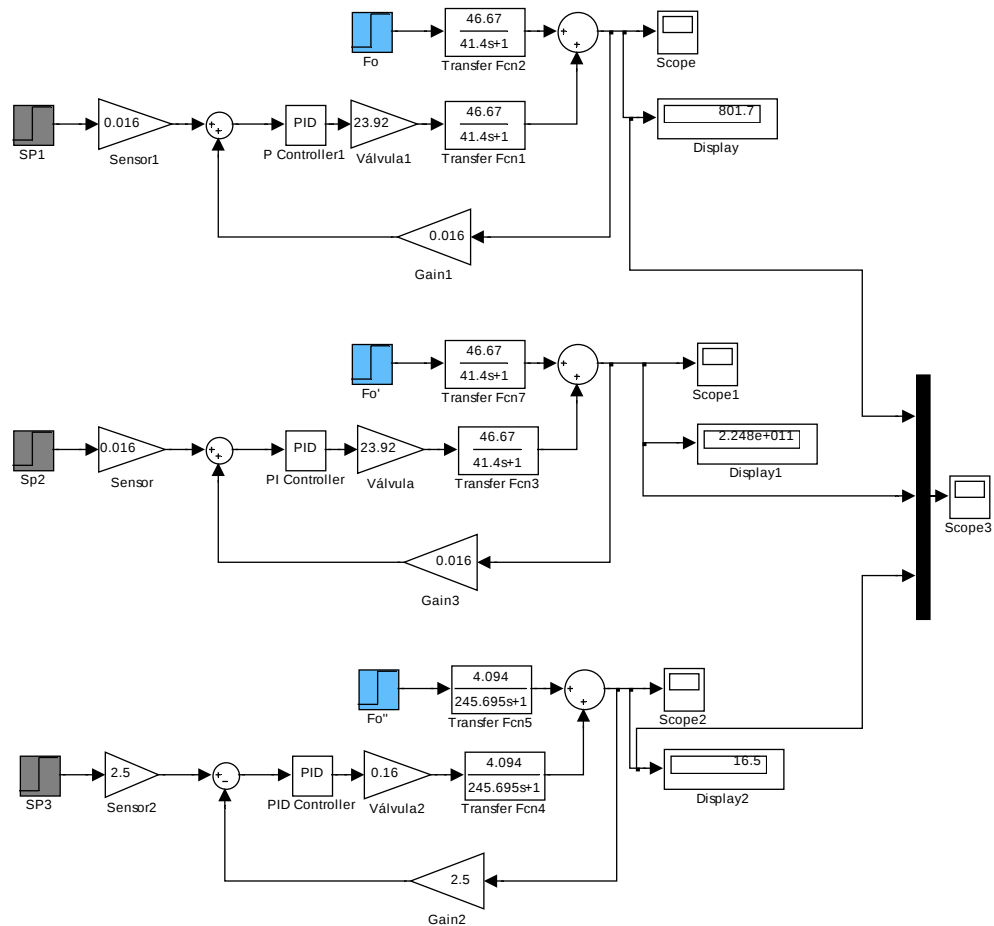
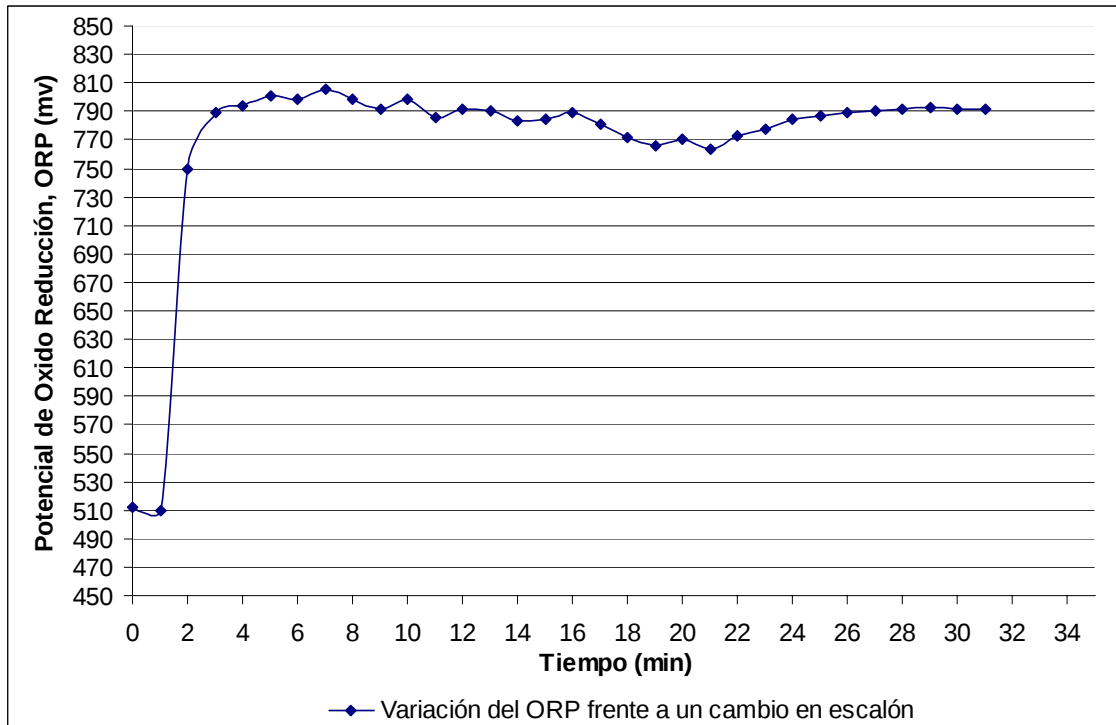


Figura N° 20: Lazos de control en Simulink para el control del ORP fuera de proceso

Esta figura muestra como se configuraron en Simulink los lazos de control, dentro de los cuales cada grupo corresponde a un controlador P, PI y PID respectivamente. Para las bombas dosificadoras se requería de un atraso de primer

orden y una función generadora de pulso, pero se simplificó estimando como elemento final de control una válvula.



Gráfica A: tomada para la realización de los cálculos de los parámetros

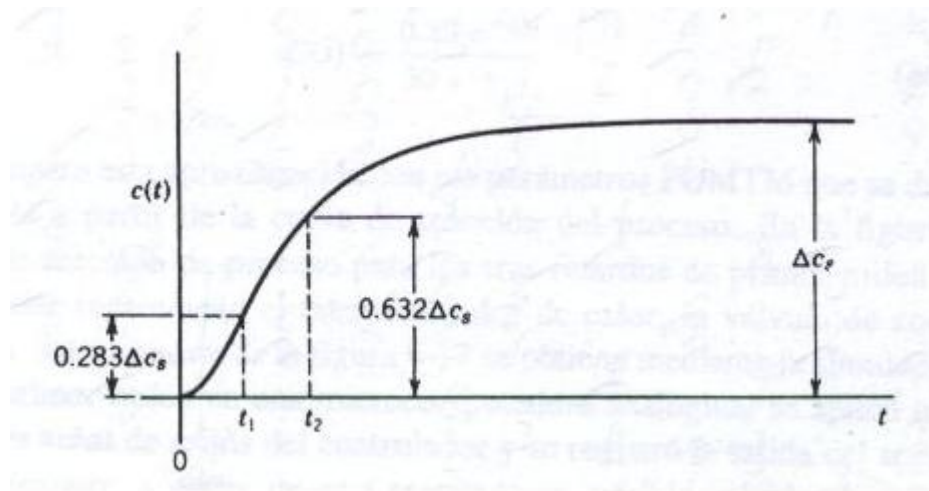
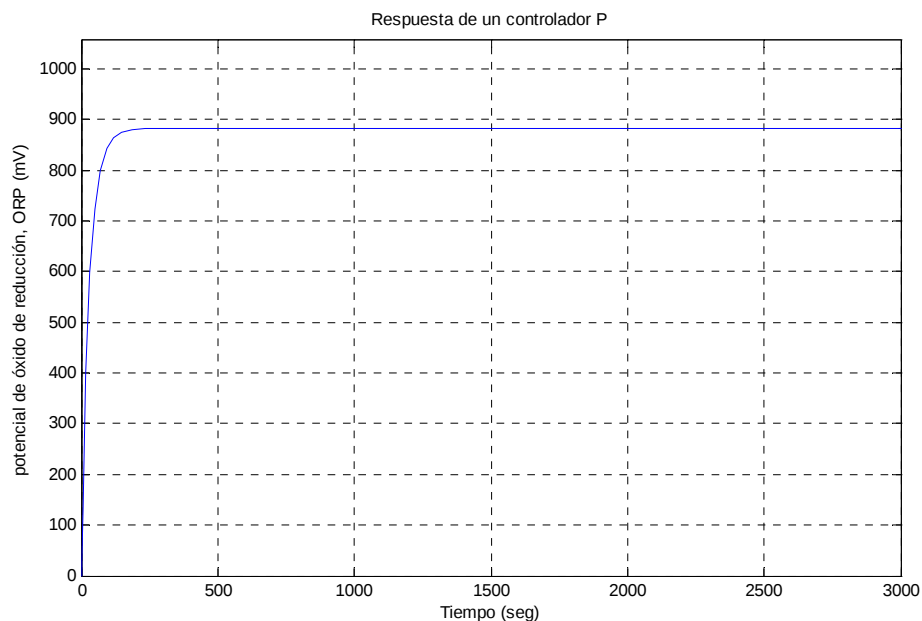


Figura N° 21: Parámetros de modelo POMTM calculados en base a la Gráfica A

Valores por las ecuaciones de Cohen Coon			Kc	tiempo i	tiempo d
Controlador P			0,022		
Controlador PI			0,79837154	199,8	
Controlador PID			1,06449539	120	30
Función de transferencia del Proceso					
Kp (delta ORP/ delta dosificado por la bomba)			46,67		
tao (seg)			41,4		
to (seg)			60		
Hsensor			0,016		
Kv de la valvula como Cv			23,9166521		

Con estos parámetros sólo se obtuvo una respuesta del lazo cerrado para el controlador P, cuyo valor fue de 871 mV y el Set point inicial de 750 mV. Sin embargo, esta curva fue realizada en el sistema de lavado sin pasar los vegetales para el lavado, es decir, esta curva es básicamente de cómo se lleva a cabo el mezclado de la sustancia desinfectante en el sistema y como responde el proceso frente a un dosificación de hipoclorito de calcio.



Gráfica N° 15: Respuesta del lazo de control con un controlador P en Simulink

ANEXO N° 19: DTI de secciones de Lavado incluidas las nuevas etapas

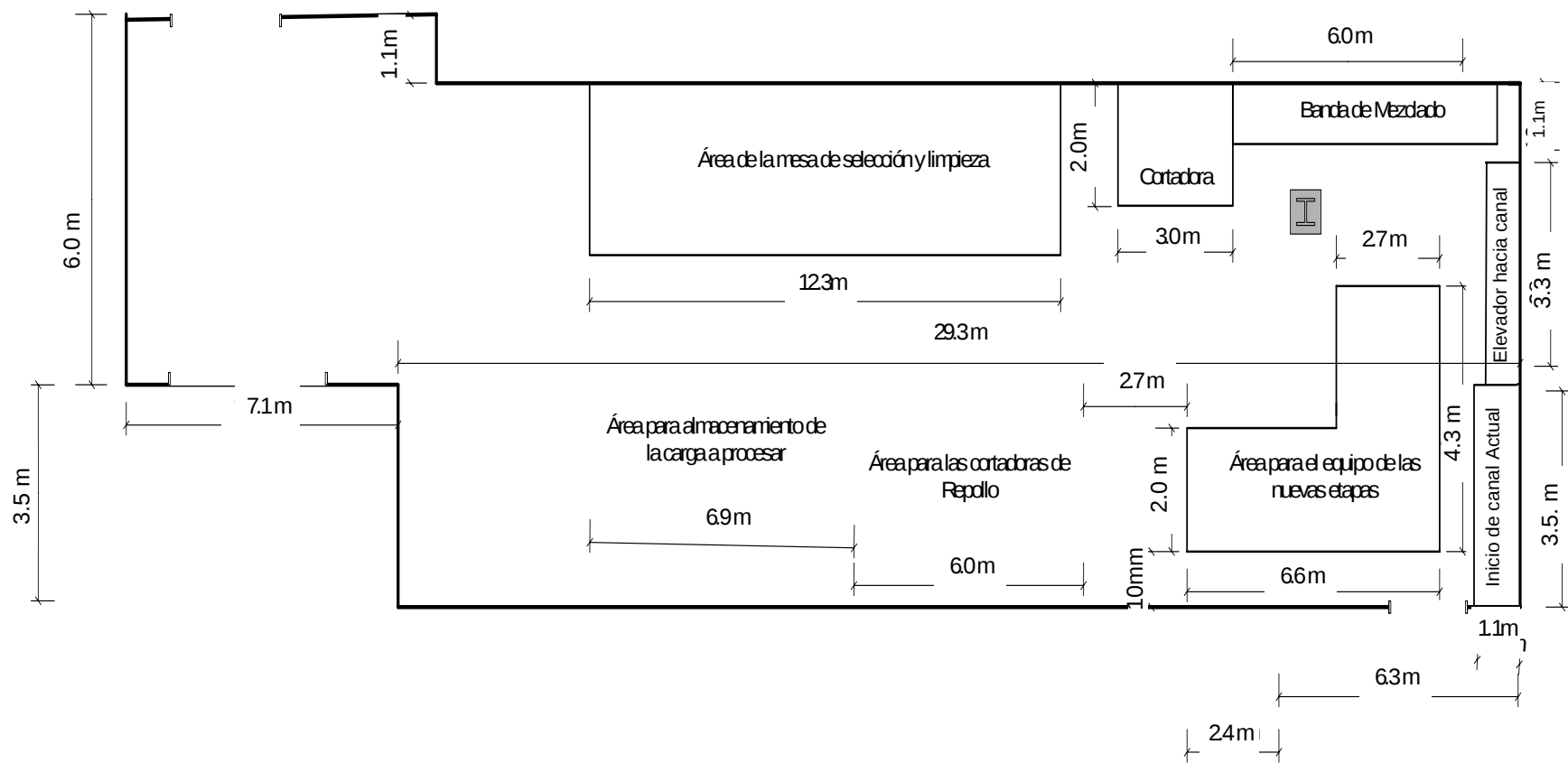
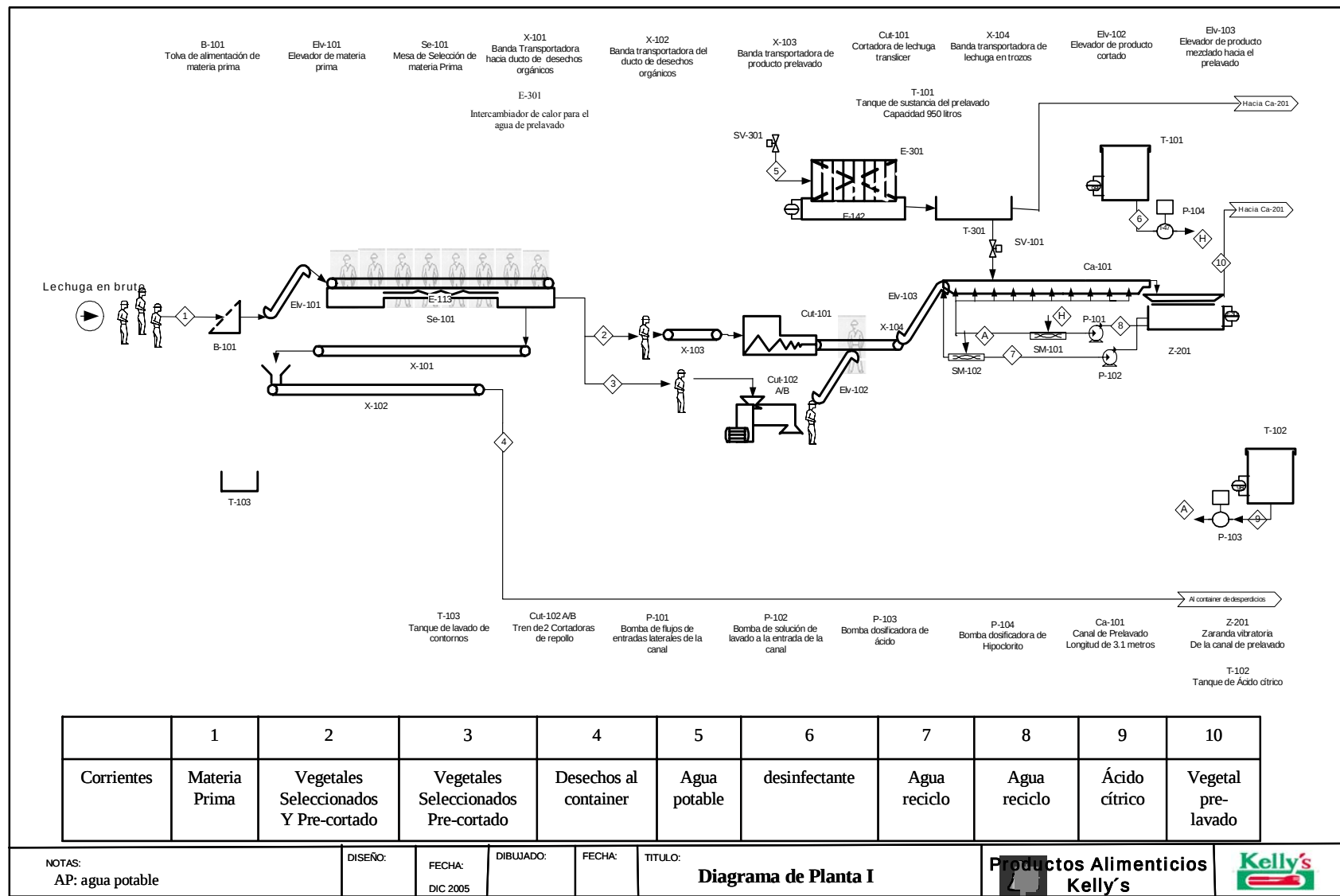


Figura N° 16: Layout de la Ubicación para el Equipo de las Nuevas Etapas Área de Planta Sección 1



Ca-201
Canal de lavado con agua
Longitud de 2.4 metros

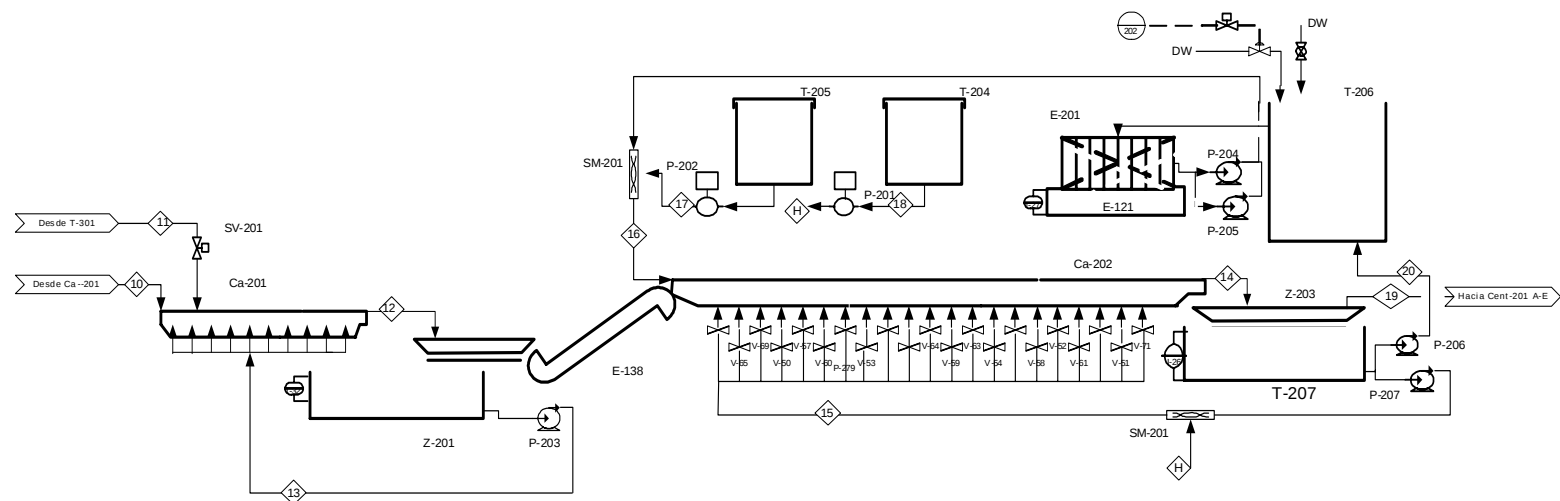
T-204
Tanque de Hipoclorito de calcio (5%)
Capacidad 950 litros

T-205
Tanque de ácido cítrico (10%)
Capacidad 450 litros

Ca-202
Canal de lavado
Longitud de 11 metros

E-201
Intercambiador de calor de placas

T-206
Tanque cilíndrico
Agua de lavado
Capacidad 3500 litros



P-201
Bomba dosificadora de Hipoclorito de calcio

P-202
Bomba dosificadora de ácido cítrico

P-203
Bomba centrífuga
Agua de reciclo del lavado

P-204 / P-205
Bomba centrífuga
Agua a 2 °C para el lavado

P-206
Bomba centrífuga
Agua de reciclo del lavado
Hacia el tanque cilíndrico

P-207
Bomba centrífuga
Agua de reciclo del lavado
hacia la canal

T-207
Tanque de la zaranda
Capacidad 1500 litros

Z-203
Zaranda vibratoria
Del producto lavado húmedo

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Corrientes	Vegetales prelavados	Agua fría	Vegetales lavados con agua	Reciclo de agua	Vegetales lavados	Solución de Lavado	Solución de lavado	Ácido cítrico	Hipoclorito de calcio	Vegetales lavados	Agua de reciclo

NOTAS:
AP: agua potable

DISEÑO:

FECHA:
DIC 2005

DIBUJADO:

FECHA:

TÍTULO:

Diagrama de Planta II

Productos Alimenticios
Kelly's



X-206
Banda transportadora de
producto final

B-202
Tren de 4 Tolvas de llenado
de empaques

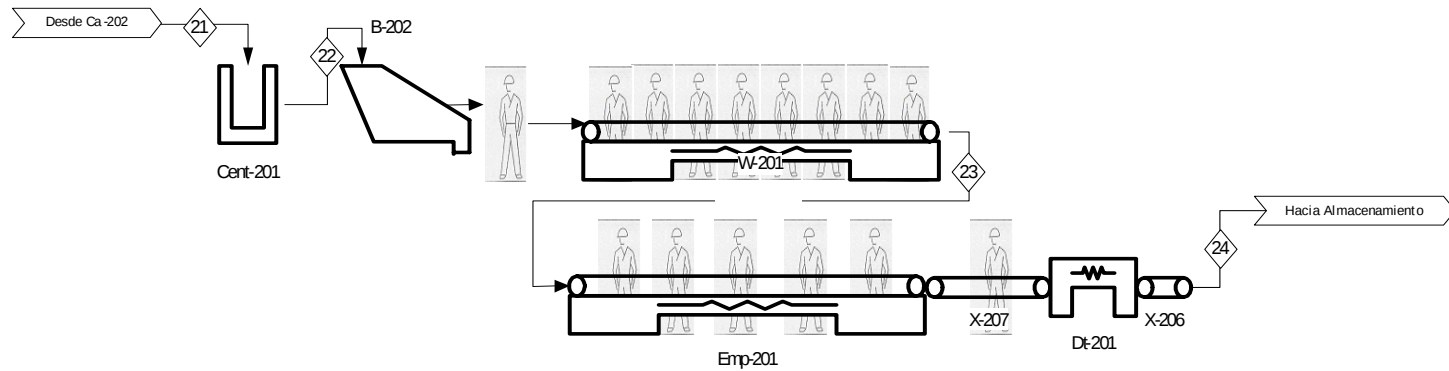
Cent-201 A-E
Tren de cinco centrifugas

Emp-201
Sección de sellado de los
empaques

W-201
Mesa de pesado del
producto final

X-207
Banda transportadora de
producto final

Dt-201
Detector de Metales



	21	22	23	24
Corrientes	Vegetales lavados y escurridos	Vegetales secos	Vegetales empaçados	Vegetales empaçados y sellados producto terminado

NOTAS:
AP: agua potable

DISEÑO:

FECHA:
DIC 2005

DIBUJADO:

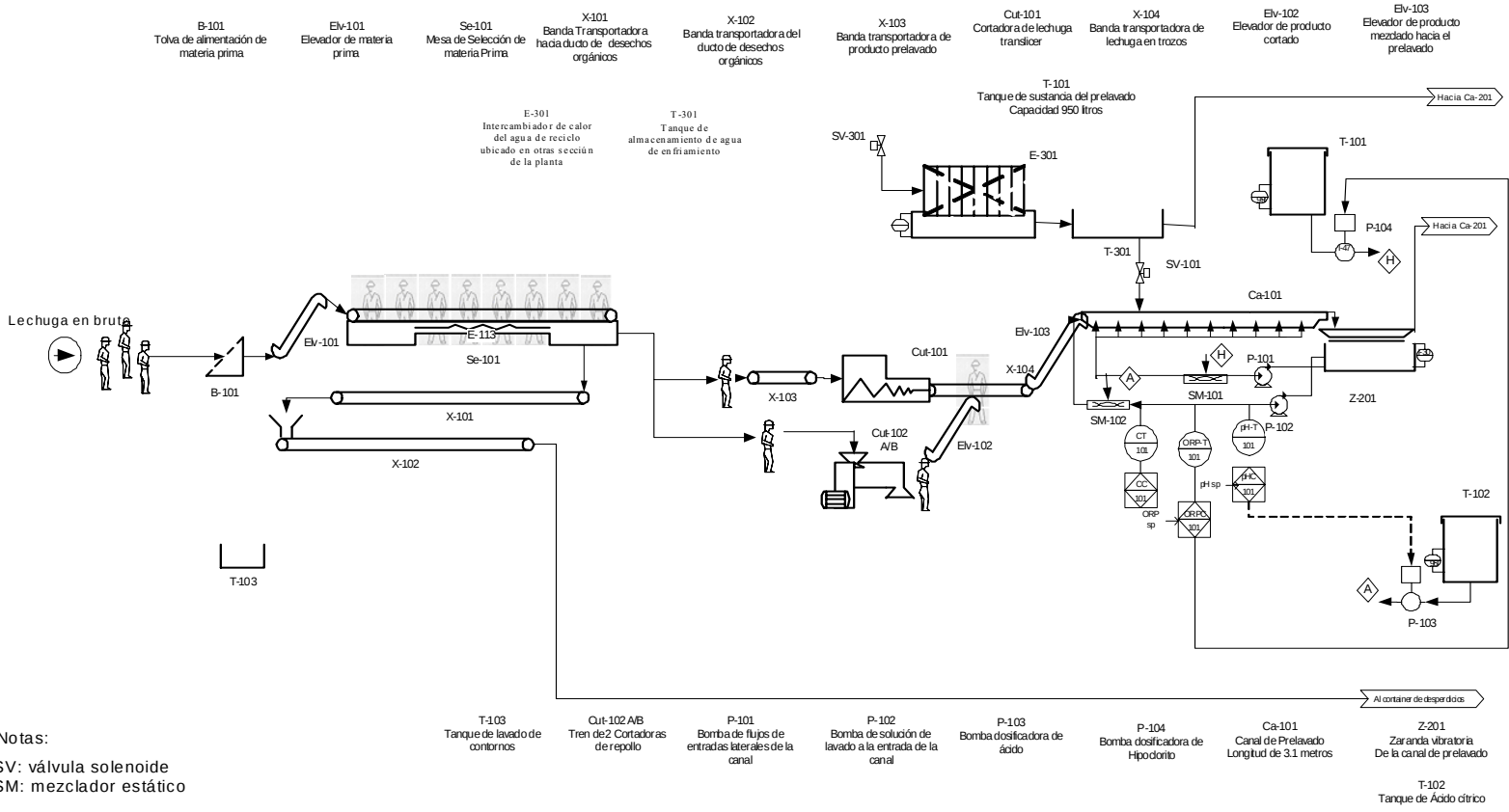
FECHA:

TÍTULO:

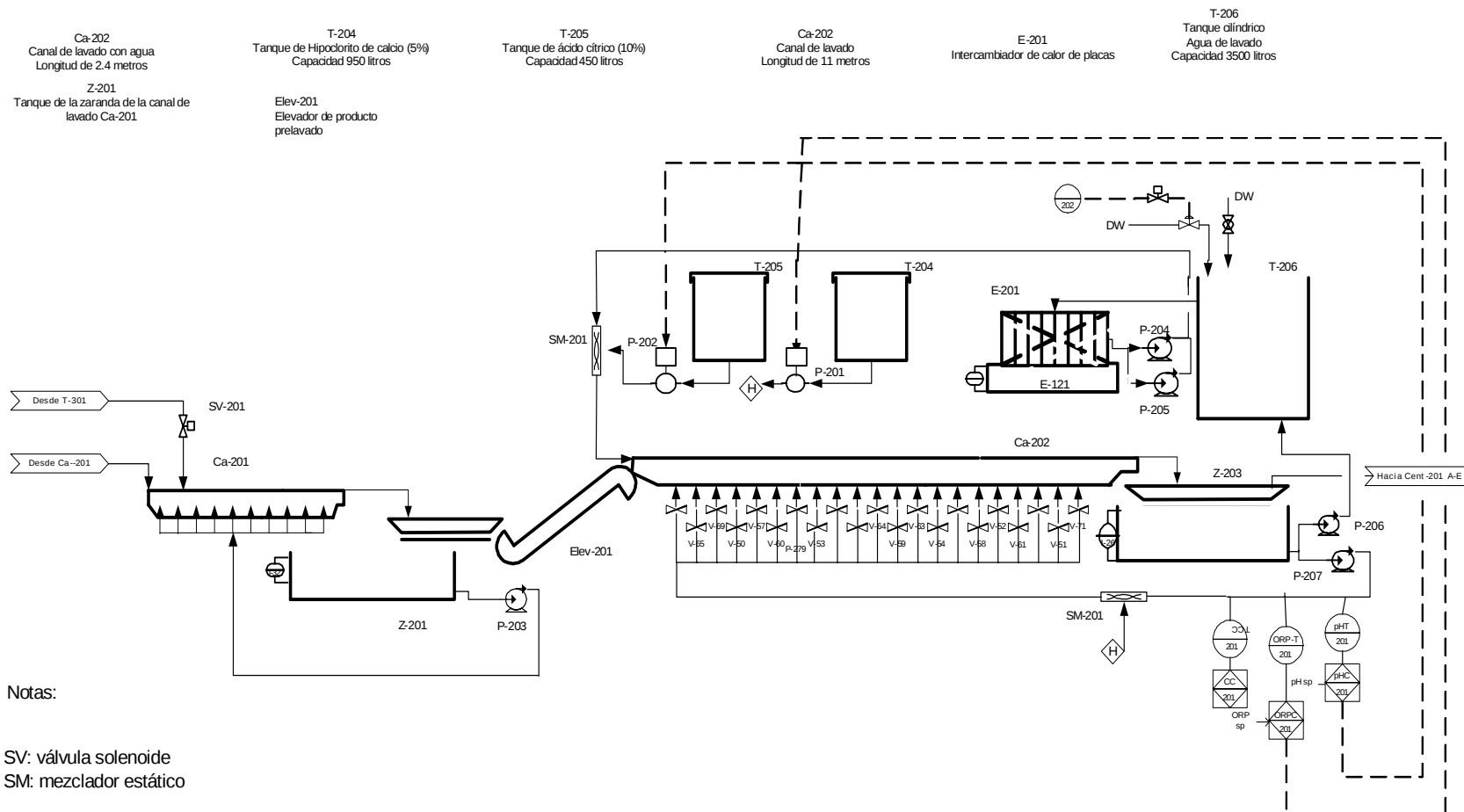
Diagrama de Planta II

Productos Alimenticios
Kelly's





NOTAS: AP: agua potable	DISEÑO:	FECHA: DIC 2005	DIBUJA DO:	FECHA:	TÍTULO: Diagrama de Planta I	Productos Alimenticios Kelly's	
----------------------------	---------	--------------------	------------	--------	--	---------------------------------------	--



Notas:

SV: válvula solenoide
SM: mezclador estático

NOTAS:
AP: agua potable

DISEÑO:

FECHA:
DIC 2005

DIBUJADO:

FECHA:

TÍTULO:

Diagrama de Planta II

Productos Alimenticios
Kelly's



CRONOGRAMA DE MUESTREO PARA EL ANALISIS MICROBIOLÓGICO																
Puntos a Evaluar	LUNES	Nº de muestras	Nº de placas	MARTES	Nº de muestras	Nº de placas	MIÉRCOLES	Nº de muestras	Nº de placas	JUEVES	Nº de muestras	Nº de placas	VIERNES	Nº de muestras	Nº de placas	
Manos de Operarios	E-coli-coliformes	2	2				E-coli-coliformes	2	2							
	Coliformes fecales	2	2				Coliformes fecales	2	2							
	Enterobacterias	2	2				Enterobacterias	2	2							
Equipos de trabajo				Aerobios	3	3										
				E. Coli coliformes	3	3										
				Enterobacterias	3	3										
Agua de consumo										E. Coli coliformes	2	2				
										Salmonella/Enterobacterias	2	2				
										Listeria	2	0				
Agua del reciclo del sistema de lavado	E-coli-coliformes	5	5				E-coli-coliformes	5	5							
	Aerobios totales	5	5				Aerobios totales	5	5							
	Mohos y Levaduras	5	5				Mohos y Levaduras	5	5							
Materias primas	Aerobios totales	2	8				Aerobios totales	1	4							
	E-coli-coliformes	2	8				E-coli-coliformes	1	4							
	Mohos y Levaduras	2	8				Mohos y Levaduras	1	4							
Ambiente y superficies				Mohos y levaduras	4	4					E. Coli coliformes	4	4			
				Aerobios	4	4					Enterobacterias	4	4			
Baños y Vestuarios													E.coli coliformes	6	6	
													Enterobactrias	6	6	
													Listeria	6	0	
Empaques										Aerobios totales	1	1				
										E-coli-coliformes	1	1				
Guantes, Mangas y Delantales							E. coli coliformes	3	3							
							Enterobacterias	3	3							
							Mohos y levaduras	3	3							
Lechuga a cuadros	Aerobios totales	1	3													
	Mohos y Levaduras	1	3													
	E. Coli coliformes	1	3													
Ensalada Mixtura	Aerobios totales	1	3													
	Mohos y Levaduras	1	3													
	E. Coli coliformes	1	3													
Repollo Arturo´s	Aerobios totales	1	3													
	Mohos y Levaduras	1	3													
	E. Coli coliformes	1	3													
Ensalada McDonald				Aerobios totales	1	3										
				Mohos y Levaduras	1	3										
				E. Coli coliformes	1	3										
Ensalada Supermecado				Aerobios totales	1	3										
				Mohos y Levaduras	1	3										
				E. Coli coliformes	1	3										
Cebolla en tiras				Aerobios totales	1	3										
				Mohos y Levaduras	1	3										
				E. Coli coliformes	1	3										
Ensalada Arturo`s mixta con rábanos							Aerobios totales	2	6							
							Mohos y Levaduras	2	6							
							E. Coli coliformes	2	6							
Ensalada célerý con zanahoria							Aerobios totales	1	3							
							Mohos y Levaduras	1	3							
							E. Coli coliformes	1	3							

Kelly's

DEPARTAMENTO DE

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.

**PROCEDIMIENTO
PARA LA DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL *(Nota: en el
manual anterior se referían a cloro libre)***

PRODUCTOS ALIMENTICIOS
KELLY'S
AGOSTO 2005

Kelly's	MANUAL DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS GENERALES		
DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL	CODIGO: DOMAC014	SECCION: ASEG. CALIDAD	
	FECHA: 25/08/2005	PAGINA: 01 de 05	
ÍNDICE Página N° 02 de 05 Objetivos Alcance Responsables Notas Preliminares Conceptos Página N° 03 de 05 Materiales y reactivos Procedimiento I. Preparación de la solución patrón de tiosulfato de sodio 0,1 N Página N° 04 de 05 II. Preparación de la solución indicadora de almidón III. Determinación de cloro residual Pagina N° 05 de 05 Frecuencia de realización del procedimiento Referencia			

Elaborado por: Johanna Mora	Revisado por: Angel Borsegui	Aprobado por: Eliseo Ramirez	Revisión: 25/08/2005
--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-------------------------

Kelly's	MANUAL DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS GENERALES		
DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL		CODIGO: DOMAC014	SECCION: ASEG. CALIDAD
		FECHA: 25/08/2005	PAGINA: 02 de 05
OBJETIVOS: 1. Determinar la concentración de cloro residual, en partes por millón (ppm), de las soluciones de lavado, empleadas en todos los tanques de proceso destinados a la desinfección de los vegetales, incluyendo los sistemas de canal. 2. Verificar que la concentración de cloro residual presente, esté en el rango empleado para mantener el nivel de desinfección óptimo de los vegetales. ALCANCE: A utilizar en todas las soluciones de hipoclorito de calcio- ácido cítrico empleadas en las etapas de prelavado y lavado. RESPONSABLES: El equipo de Control de Calidad. NOTAS PRELIMINARES: 1. Este procedimiento debe ser cumplido en todo su conjunto 2. Ningún detalle carece de importancia y todos son críticos; todas las operaciones deben ajustarse a lo especificado en este procedimiento. 3. Cualquier desviación de este procedimiento, será comunicado de inmediato a los Departamentos de aseguramiento de la Calidad y Organización y Métodos. CONCEPTOS: Cloro Residual Total: Es el cloro remanente después de tratar el agua con cloro o un hipoclorito, incluye el cloro libre y el cloro combinado. Cloro Libre: Es el cloro residual que existe en el agua en forma de ácido hipocloroso (HOCl) y de ión clorito (OCl⁻). Cloro Combinado: Es el cloro residual que existe en combinación con un compuesto orgánico nitrogenado (como cloramidas) o en forma de compuestos de sustitución clorados con acción oxidante.			

MATERIALES Y REACTIVOS

- ✓ Acido Acético Glacial ($C_2H_4O_2$).
- ✓ Ácido Salicílico.
- ✓ Ácido Sulfúrico.
- ✓ Almidón.
- ✓ Biyodato de potasio anhidro ($KH(IO_3)$).
- ✓ Cloroformo.
- ✓ Cloruro de zinc.
- ✓ Tiosulfato de Sodio ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$).
- ✓ Yoduro de Potasio (KI).
- ✓ Bureta de 50ml.
- ✓ Material de vidrio de uso común en el laboratorio.

Nota: Todos los reactivos deberán ser de grado analítico y las soluciones deberán ser preparadas con agua destilada.

PROCEDIMIENTO

I. Preparación de la solución patrón de tiosulfato de sodio 0,1 N

(Nota: en el procedimiento anterior no se tenía una marcha analítica correcta para determinar la concentración del tiosulfato preparado)

1. Se disuelven 25 g de tiosulfato de sodio $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ en un balón aforado de 1000 ml, agregando 10 ml de cloroformo y agua destilada hasta alcanzar el aforo.
2. Se disuelven en agua destilada 3,25 g de biyodato de potasio anhidro en un balón aforado de 1000 ml y se conserva en un envase con tapa de vidrio. La normalidad de esta solución es aproximadamente 0,1 N.
3. Se agregan a 80 ml de agua destilada contenida en una fiola de 500 ml, los siguientes reactivos: 1 ml de ácido sulfúrico, 10 ml de la solución preparada en el paso anterior (solución de biyodato de potasio) y 1 g de yoduro de potasio, teniendo la precaución de agitar en forma constante.
4. Se titula la solución preparada en el paso (3) con el tiosulfato preparado en el paso (1), hasta que el color amarillo del yodo sea tenue, luego agregar 1 ml de solución indicadora de almidón y continuar la titulación hasta la completa desaparición del color azul.

Kelly's	MANUAL DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS GENERALES		
DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL	CODIGO: DOMAC014	SECCION: ASEG. CALIDAD	
	FECHA: 25/08/2005	PAGINA: 04 de 05	
5. La normalidad de la solución de tiosulfato de sodio se obtiene del cálculo siguiente: $Normalidad(N) = \frac{1}{ml_de_tiosulfato_consumidos}$			
II. Preparación de la solución indicadora de almidón (Nota: en el procedimiento corregido no se utilizaba ninguna sustancias para preservar el almidón) 1. Pese en un beacker de 1000 ml 5 g de almidón. 2. Se adicionan 500 ml de agua destilada y se deja hervir hasta que aclare, dejar en reposo por 12 horas. 3. Se toma el sobrenadante y a fin de preservar se agregan 1,25 g de ácido salicílico y 4 g de cloruro de zinc. 4. Trasvasar parte de la solución en el frasco con gotero y guardar el resto en un envase de vidrio limpio y con tapa.			
III. Determinación de cloro residual 1. Se toma una muestra del agua de lavado (solución de lavado) de aproximadamente 500 ml. 2. Se agrega en una fiola, de 250 ml, 100 ml de la muestra tomada en el paso anterior. Se adiciona luego 5 ml de ácido acético glacial, para llevar el pH a un valor entre 3 y 4, y 2 g de yoduro de potasio. 3. Se valora con la solución de tiosulfato 0,1 N preparada en el procedimiento I, hasta casi la desaparición del color amarillo y se agrega aproximadamente 1 ml de la solución indicadora de almidón. 4. Se continúa valorando sin enrasar la bureta hasta la desaparición del color azul. 5. Leer en la bureta la cantidad de tiosulfato de sodio consumidos (ml_tiosulfato_consumidos)			

Kelly's	MANUAL DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS GENERALES		
DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL	CODIGO: DOMAC014	SECCION: ASEG. CALIDAD	
	FECHA: 25/08/2005	PAGINA: 05 de 05	
6. El contenido de cloro residual presente en la muestra se expresa en ppm y se calcula mediante la expresión: $ppm_{Cl_2} = \frac{ml_tiosulfato_consumidos * normalidad_del_tiosulfato(N) * 35450}{100_ml_de_muestra}$ 7. Para la solución patrón de tiosulfato de sodio preparada a exactamente 0,1 N el cálculo será: $ppm_{Cl_2} = ml_tiosulfato_consumidos * 35,45$ <i>Nota: el cálculo de los ppm estaba errado, por lo que se estaban tomando valores incorrectos en la trazabilidad que se realiza en el laboratorio de calidad</i>			
FRECUENCIA DE REALIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO			
- Realizar la determinación del cloro residual a todas las muestras de soluciones de lavado necesarias para verificar los parámetros de proceso y para corroborar los valores reportados por los sensores del equipo de dosificación automática. - Las determinaciones realizadas en las soluciones de lavado durante proceso deberán ser reportados en el formato “Lavado” del procedimiento DOMAC004.			
REFERENCIA:			
La metodología expuesta en este procedimiento está acorde con lo que plantea la norma venezolana COVENIN para la determinación de cloro residual en agua potable, dicha norma se cita a continuación: COVENIN. 2685-90. Agua potable. Determinación de cloro residual			

CAPÍTULO VI

ANEXOS

En este capítulo se presentan todos los anexos que fueron referenciados en los capítulos anteriores. Dichos anexos son el complemento de la información presentada a lo largo de este proyecto.

ANEXO N° 1

GLOSARIO

Agente antimicrobiano: Es un compuesto químico que inhibe el crecimiento o mata a los microorganismos. Un agente microbiano puede ser antibacteriano (mata bacterias), un antifúngico, un antivírico, etc., esto es en cuanto a su espectro de acción.

Agente microbida: Sustancia química capaz de destruir o matar a cualquier tipo de microorganismo. El único criterio válido para determinar la muerte de un microorganismo es la pérdida irreversible de la capacidad de división celular, es decir, de la pérdida de viabilidad, y se suele comprobar empleando técnicas con placas de Petri (es decir, confirmando que no crecen en medios sólidos adecuados).

Bacterias Gram negativas: Son organismos microscópicos y relativamente sencillos. Carecen de núcleo y de los orgánulos de las células más complejas o eucariotas; sin embargo, al igual que las células de las plantas, la mayoría posee una pared celular a base de carbohidratos. Algunas presentan cápsula y otras son capaces de evolucionar a esporas, formas viables capaces de resistir condiciones extremas. Las bacterias Gram negativas son las que se visualizan de color rojo, cuando se utiliza la técnica de tinción de membranas de bacterias.

Buenas Prácticas de fabricación: Son el conjunto de medidas preventivas o de control utilizadas en la fabricación, envasado, almacenamiento y transporte de los alimentos manufacturados, a fin de evitar, eliminar o reducir los peligros para la inocuidad de los alimentos. Están establecidas en la norma venezolana Buenas Prácticas de Fabricación, Almacenamiento y Transporte de Alimentos para Consumo Humano.

Cloro libre: Es el cloro que existe en solución acuosa en forma de ácido hipocloroso y de ión hipoclorito, cuando se utiliza un hipoclorito como desinfectante.

Cloro combinado: Es el cloro residual que existe en combinación con un compuesto orgánico nitrogenado o en forma de compuestos de sustitución clorados con acción oxidante, la mayoría de estos son cloraminas.

Cloro residual o disponible total: Es la suma del cloro libre y el cloro combinado.

Desinfección: Es el proceso de destrucción de los agentes infecciosos. No es una esterilización. Un desinfectante por ejemplo mata las formas vegetativas de los microorganismos, pero no necesariamente sus formas de resistencia o esporas.

Desinfectante: Agente, sobre todo químicos, antimicrobiano capaz de matar los microorganismos patógenos (infecciosos) de un material. Pueden, y en muchos casos suelen, presentar efectos tóxicos sobre tejidos vivos, por lo que se suelen emplear sólo sobre materiales inertes.

Espora: La palabra espora se emplea en dos acepciones diferentes. La mayoría de los micólogos llaman esporas a toda clase de células diferenciadas que se forman dentro o sobre órganos especiales o bien se desprenden de los mismos que por supuesto están destinadas a la propagación y diseminación de la especie. No obstante, algunos reservan el término para el producto de lo que equivale a un proceso sexual.

Microorganismo patógeno: En términos microbiológicos, la patogenicidad es la capacidad que tiene un microorganismo para producir una enfermedad, la cual puede tener diferentes grados de daño/mortalidad.

Sanitizante: Sustancia utilizada para tratar un producto limpio a través de un proceso que es efectivo destruyendo o reduciendo sustancialmente el número de microorganismos que pueden ser de objeto de riesgo para la salud pública, así como otros microorganismos indeseables, sin afectar de forma negativa la calidad del producto o su seguridad para el consumo.

**ANEXO N° 2: Cronograma de muestreo para el análisis
microbiológico**

ANEXO N° 3

MÉTODO PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN LOS VEGETALES

En este anexo se hará una descripción completa del procedimiento a seguir para la preparación de muestras para el análisis microbiológico y el método para el recuento total de microorganismos.

1. Equipos e Instrumentos

- Balanza de 2000 g de capacidad con una apreciación de ± 0.1 g.
- Envases apropiados estériles para contener las muestras
- Frascos con capacidad para contener 250 ml de diluyente
- Pipetas gradadas estériles de 1 y 10 ml
- Tubos de ensayo estériles con capacidad para contener 10 ml de muestra
- Autoclave (Figura N° 16)
- Estufa con regulador de temperatura a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ para incubación
- Termómetro
- Contador de colonias Québec (Figura N° 17)
- Equipo de uso común en el laboratorio
- Láminas plásticas difusoras para placas Petrifilm

2. Materiales y Reactivos

- Placas Petrifilm (Figura N° 18) de los siguientes tipos:
 - Placas de Petrifilm para recuento de mohos y levaduras
 - Placas de Petrifilm para recuento de E. coli y coliformes
 - Placas de Petrifilm para recuento de aerobios totales
- Agua Peptonada al 0.1 % como diluyente

3. Esterilización del material para análisis microbiológico

3.1 Lavar cuidadosamente con un jabón el material que va a ser esterilizado.

3.2 Colocar en la autoclave el material limpio y esterilizarlo durante 15 minutos a una presión de 15 psi.

3.3 Una vez que se haya enfriado la autoclave destápela siguiendo las medidas de seguridad del equipo y con las manos limpias y desinfectadas retire el material de la autoclave y guárdelo en el área aséptica correspondiente.

4. Preparación de las muestras

4.1 La muestra deberá ser identificada con la siguiente información:

- a) fecha de toma de la muestra
- b) Nombre y tipo de producto
- c) Ingredientes del producto
- d) Número de lote de fabricación
- e) Contenido neto de la muestra
- f) Fecha de fabricación y fecha de vencimiento
- g) Temperatura de la muestra

4.2 Se pesan 25 g ± 0.1 g en una bolsa de polietileno estéril.

4.3 Se añaden 225 ml de diluyente a un envase de vidrio estéril con tapa y se agregan los 25 g de muestra.

4.4 Se agita vigorosamente la muestra 50 veces en un ángulo de 45°. A partir de esta preparación se obtiene la primera dilución (10^{-1}).

4.5 A partir de la dilución preparada en el paso anterior se procede de inmediato a preparar las diluciones necesarias de la siguiente forma:

4.5.1 Se miden 1 ml de la dilución 10^{-1} y se transfiere a un tubo que contenga 9 ml de diluyente para obtener la dilución 10^{-2} y se agita el tubo 25 veces en un ángulo de 45°.

4.5.2 Se repite este procedimiento para obtener tantas diluciones como sean necesarias.

4.5 Se debe proceder a inocular las muestras preparadas en los próximos 20 min

5. Procedimiento para el recuento de los microorganismos mencionados en el punto N° 2

4.1 Colocar la placa de Petrifilm apropiada, previamente identificada sobre una superficie plana.

4.2 Levantar la película superior, que recubre la placa y con una pipeta colocada perpendicularmente sobre la placa verter 1 ml de la muestra o de sus diluciones en el centro del círculo que contiene el medio deshidratado, ubicado en la película inferior (Figura N° 18)

4.3 Deslizar con cuidado la película superior sobre la inferior, tratando de no formar burbujas.

4.4 Inmediatamente después distribuir el inóculo sobre el área del medio de cultivo deshidratado usando la lámina plástica difusora correspondiente al tipo de placa que se está utilizando.

4.5 Retirar la lámina plástica difusora con un movimiento rápido hacia arriba, evitando giros o movimientos horizontales. Dejar la placa en reposo por aproximadamente 1 min, para permitir la solidificación del agente gelificante.

4.6 Incubar las placas Petrifilm según las siguientes especificaciones:

- Para las placas de Petrifilm para recuento de mohos y levaduras utilizar una temperatura de incubación de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y durante 3-5 días
- Para las placas de Petrifilm para recuento de *E. coli* y coliformes utilizar una temperatura de incubación de $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 24 a 48 horas ± 2 horas.
- Para las placas de Petrifilm para recuento de aerobios totales coliformes utilizar una temperatura de incubación de $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 48 horas ± 3 horas.

4.7 Lectura de las placas: Finalizado el período de incubación y con la ayuda de un contador de colonias, contar las ufc utilizando las guías de interpretación de Petrifilm para cada tipo de placa.

4.8 Reportar el conteo total hecho en placa multiplicado por el inverso de la dilución correspondiente.

4.9 Si no hay desarrollo de colonias en la placa se reporta “menos de 1” si se siembra la muestra directa o menos de 1 por el inverso de la dilución si se siembran diluciones de la muestra.

NOTA: antes de realizar cualquier evaluación en el laboratorio realice una desinfección del área de trabajo y utilice el mechero para conservar una alta temperatura en la cercanía del área de siembra.

6. Figuras



Figura N° 16: Autoclave utilizada para esterilizar material de laboratorio



Figura N° 17: Contador de colonias Quebec

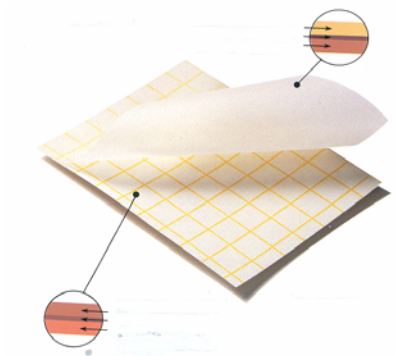


Figura N° 18: Placa de Petrifilm

ANEXO N° 4

MÉTODO PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN MUESTRAS DE AGUA DE PROCESO

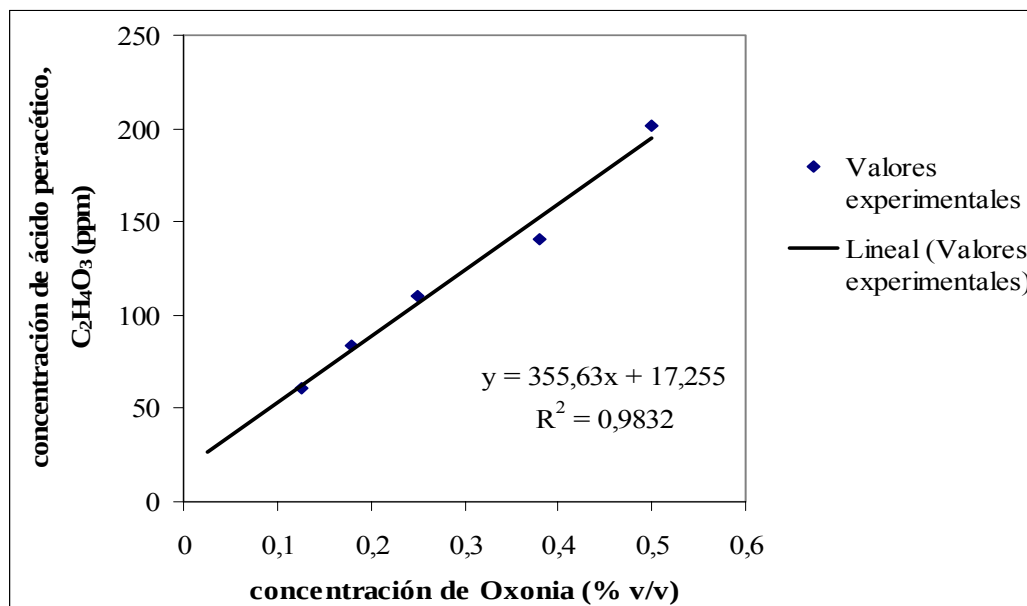
Con las placas Petrifilm se pueden realizar análisis de aguas tanto residuales como potables, para ello se sigue el siguiente procedimiento:

1. Para aguas residuales o de proceso tome aproximadamente 500 ml de muestra en un frasco estéril con tapa.
2. Si la muestra de agua ha sido clorada utilice un volumen de caldo Letheen igual al volumen de la muestra o siembre antes de transcurridos 20 minutos después de la toma de la muestra, para evitar que el cloro inhiba el crecimiento microbiano en la placa.
3. Tome 1 ml de la muestra sin diluir e inocúelo según el procedimiento para el recuento de microorganismos presentado en el anexo anterior.
4. Incube la placa según el tipo de evaluación y realice el conteo.
5. Se recomienda sembrar un blanco para tener como referencia de cero desarrollos microbianos en la placa, para ello inocule 1 ml de la muestra en una placa de Petrifilm y consérvela a temperatura de refrigeración en una nevera. Utilícela para el momento del conteo en placas.

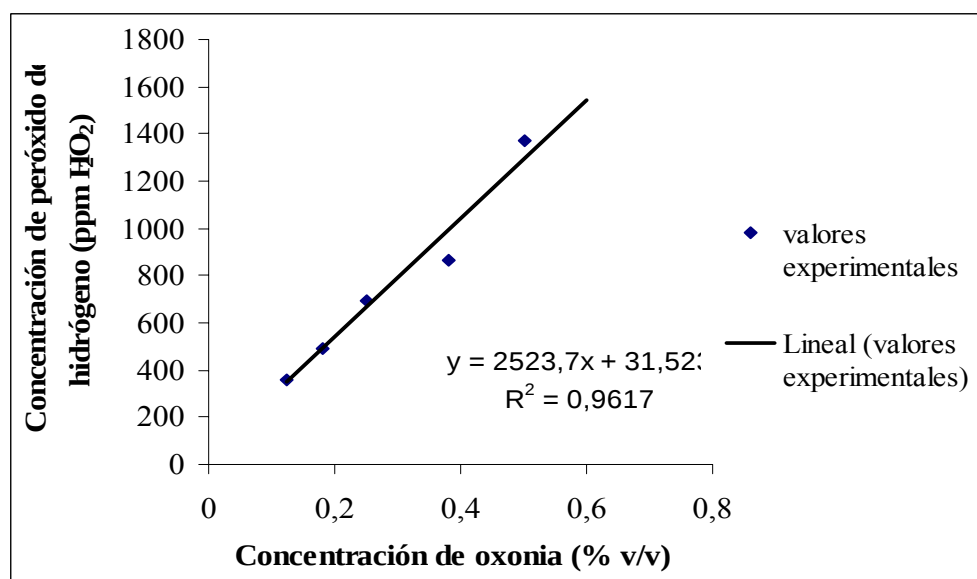
ANEXO N° 5: Procedimiento corregido

ANEXO N° 6

CURVAS DE RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO PERACÉTICO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y LA CONCENTRACIÓN OXONIA



Gráfica N° 13: Relación Concentración de Oxonia - Concentración de ácido peracético obtenida por medio de las curvas de titulación



Gráfica N° 14: Relación Concentración de Peróxido de Hidrógeno - Concentración de Oxonia

ANEXO N° 7

OXONIA ACTIVO

Composición

OXONIA ACTIVO es un rápido desinfectante de acción directa, no espumante, a base de una estabilizada combinación de peróxido de hidrógeno y ácido peracético. OXONIA ACTIVO es un líquido de color claro, con una densidad de 1.18 kg/l.

Propiedades

OXONIA ACTIVO es especialmente notable por su gran eficacia, a bajas temperaturas contra todo tipo de microorganismos, incluyendo esporulantes y virus. En consecuencia permite ahorrar costes energéticos. Alternativamente, si se aplica a mayores temperaturas se acelera su rapidez de acción reduciéndose el tiempo de trabajo. Por su composición permite, además de su acción inmediata, una acción prolongada. Esta propiedad lo hace adecuado para la desinfección por reposo durante las pausas largas de trabajo.

Olor

A las concentraciones de empleo indicadas es prácticamente inodoro. El producto puro tiene un olor picante.

Miscibilidad

Es miscible en agua a cualquier proporción y puede utilizarse como aditivo desinfectante en disoluciones limpiadoras ácidas. La concentración del limpiador ácido puede ser hasta de 3%.

Comportamiento Espumante

Las disoluciones de OXONIA ACTIVO no hacen espuma.

Estabilidad en Almacenaje

El producto puro es estable durante un año entre las temperaturas de 20-35°C, siempre que se evite la exposición de los rayos solares y se mantengan los envases tapados. En el caso de tener que trasvasar el OXONIA ACTIVO a otro envase, éste debe limpiarse bien con un limpiador ácido. Observando estas recomendaciones, se garantizará una larga estabilidad.

VALOR pH

OXONIA ACTIVO puro tiene un pH de 1. En la siguiente tabla se muestran los valores de pH, según la dureza del agua utilizada, expresada en ppm de CaCO_3 .

Concentración OXONIA ACTIVO	0 ppm	290 ppm	540 ppm
Agua sola	5,0	7,2	7,6
0,05	4,0	6,4	6,8
0,1	3,8	6,3	6,7
0,3	3,6	5,3	5,8
0,5	3,3	4,6	5,3
1,0	3,1	4,1	4,6
5	2,1	3,2	3,6

COMPORTAMIENTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Toxicidad

P3-OXONIA ACTIVO es poco tóxico

LD_{50} = 2,25 (2,1 – 2,4) ml/Kg (ratas oral)

Efectos sobre la epidermis

A las concentraciones de empleo, es poco irritante, aplicando repetidas disoluciones al 5%, sobre la piel de cobayas (ratones) no se observan reacciones. Concentraciones más altas, aplicadas repetidas veces, producen irritaciones. Cuando se aplican, en repetidas ocasiones, disoluciones del 2,5% sobre la piel humana, no se observan reacciones. A más altas concentraciones o largos tiempos de contacto se producen irritaciones.

Efectos sobre las mucosas

El contacto del producto diluido con las mucosas provoca fuerte reacciones, ensayado en los ojos de conejo. En consecuencia, debe evitarse el contacto de OXONIA ACTIVO con los ojos. En el caso de que los ojos fueran alcanzados por alguna salpicadura, deben enjuagarse, rápidamente e intensamente, con agua corriente y eventualmente debería efectuarse una revisión por un medico oftalmólogo.

Toxicidad de las inhalaciones

Se han realizado prueba con ratas, pulverizando una solución al 5% en la cantidad de 18 g/m³ y no se han presentado síntomas. Pulverizando en una niebla el producto puro, en la cantidad de 11,6g/cm³, las cobayas presentan fuerte irritación que se debilita paulatinamente al cesar la exposición y finalmente no se encuentran lesiones perceptibles.

Aguas Residuales: OXONIA ACTIVO no contamina las aguas residuales. En su acción se descompone en agua y trazas de ácido acético. Es biodegradable.

Campos de Aplicación

P3-OXONIA ACTIVO es adecuado para la desinfección rápida en toda la Industria Alimenticia.

DETERMINACION DE LA CONCENTRACIÓN DE PERÓXIDO DE HIDROGENO Y ÁCIDO PERACÉTICO EN SOLUCIONES DE OXONIA ACTIVO:

Reactivos:

- Ácido Sulfúrico 25%
- Permanganato de potasio (KMnO₄) 0,1 N (La solución debe preservarse de la luz y renovarse cada dos semanas).
- Tiosulfato sódico (Na₂S₂O₃) 0,1 N renovarse cada dos semanas.
- Solución de almidón.

Determinación:

Adicionar 25 ml de solución de sulfúrico a 50 ml de la solución de OXONIA ACTIVO a una concentración determinada. Valorar con el permanganato potásico hasta un ligero viraje de color de incoloro a rosado. La coloración inicial desaparece por adición de un pequeño exceso de reactivo.

Si se ha añadido exceso de permanganato y la solución está fuertemente coloreada, se debe tomar una nueva muestra y desechar la anterior. Después del primer cambio de color agregar unos cristales de yoduro de potasio (IK), 1 gramo aproximadamente y 2 ml de la solución de almidón procediendo a valorar con el

tiosulfato de sodio inmediatamente hasta que desaparezca la coloración azul. La valoración debe llevarse a cabo inmediatamente.

Cálculos:

1. Consumo de KMnO_4 en ml.

Multiplicado por 34 = ppm de H_2O_2 (peróxido de hidrogeno)

2. Consumo de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en ml.

Multiplicado por 76 = ppm de ácido peracético.

**OBSERVACIONES SOBRE EL USO Y ALMACENAJE DEL OXONIA
ACTIVO**

- P3-OXONIA ACTIVO no presenta peligrosidad en su manejo, en las concentraciones de empleo recomendadas. Sin embargo con el producto puro deben tenerse en cuenta diversas percepciones obligatorias para el trabajo con sustancias conteniendo peróxido de hidrogeno.
- P3 – OXONIA ACTIVO es muy oxidante
- No debe utilizarse puro
- Es preferible almacenarlo y dosificarlo en las bombas de origen
- El producto puro no debe ponerse en contacto con sustancias orgánicas (suciedades orgánicas, grasas, aceites, goma, papel, viruta de madera, corcho, etc.), así como con productos puros de limpieza y desinfección.
- No usar mangueras de goma o envases y depósitos sucios para trasvases. El producto puro sólo debe trasvasarse o hacer circular por envases, depósitos o tuberías limpias. Estos deben limpiarse previamente con un limpiador ácido. (El material debe ser resistente al ácido)
- Cuando se almacene en un depósito cerrado, éste debe estar provisto de una válvula de salida de gases que no permita la entrada de suciedades.
- Debe evitarse el contacto con los ojos y la piel, por ello se usarán gafas de seguridad, guantes y ropas apropiadas para trabajar el componente puro.

ANEXO N° 8

OXONET

P3-OXONET es un agente de oxidación a base de clorito de sodio. Se emplea en equipos bellozon u OXOMAT en combinación con ácidos de grado alimenticio.

PROPIEDADES

Aspecto:	Líquido transparente
Solubilidad:	A 20°C soluble en agua en cualquier proporción
Densidad:	1.082 g/cm ³
Estabilidad	- 0°C hasta 45°C, máximo 1 año
almacenamiento:	
Viscosidad (dinámica):	1.20 mPa s (20°C, agua desmin.)
pH:	9.8 (1%, 20°C, agua desmin.)
Punto de inflamación:	No procede
Formación de espuma:	Libre de espuma (sin tensoactivos)
Contenido P:	Libre de P y por lo tanto libre de fosfato
Contenido N:	Libre de N y por lo tanto libre de nitrato
Endurecimiento:	Empacaduras: apropiada para Buna, NBR, SBR, EPT y otros materiales usuales para empacadura. Por la oxidación se puede presentar un endurecimiento y por lo tanto la pérdida de propiedades de elasticidad permanente.
Valores de corrosión:	Prueba de corrosión según DIN 50905, interpretación del antiguo DIN

Compatibilidad de materiales:

Metales: apropiado para metales como: aluminio, acero inoxidable, chapas cubiertas de zinc y muchos otros metales, cuya compatibilidad en caso de aplicación, debería ser probada dependiendo de las condiciones de aplicación.

Plásticos: apropiado para PVC, PTFE, PDVF, poliacrilatos, así como polímeros de mezcla, copolímeros y polímeros de bloque. En caso necesario, otros plásticos deben ser probados en referencia a su compatibilidad.

En especial los plásticos con grandes cantidades de ablandadores se pueden volver viejos y quebradizos más rápido según las condiciones de aplicación.

APLICACIÓN:

OXONET es utilizado en combinación con OXOCID u OXODES en los equipos de generación y dosificación de dióxido de cloro para el tratamiento de agua en proceso en lavadores de botellas y pasteurizadoras, o para el tratamiento de aguas de proceso, de servicio, potables y residuales (OXODES).

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLORITO DE SODIO
EN SOLUCIONES DE OXONET**

Para la determinación de clorito de sodio se realizó la siguiente marcha analítica:

Reactivos:

- Solución de yoduro de potasio (15 % m/v)
- Ácido clorhídrico concentrado (35 %)
- Solución de tiosulfato de sodio 0.1 N
- Solución indicadora de almidón (1 %)

Materiales y Equipos

- Bureta de 50 ml
- Fiolas de 250 ml
- Balanza Analítica
- Material de vidrio general de laboratorio
- tiras de determinación de pH

Procedimiento:

1. Preparar la muestra de oxonet a la concentración deseada (% v/v)
2. Añadir en una fiola de 250 ml, 100 ml de la muestra preparada en el paso anterior y agregarle 10 ml de solución de yoduro de potasio al 15 % y 5 ml de ácido clorhídrico al 35 %.
3. Valorar la solución del paso 2 con la solución de tiosulfato de potasio 0.1 N hasta obtener un color amarillo pálido en la solución.
4. Adicionar 2 ml de solución indicadora de almidón y continuar titulando hasta el viraje de color de azul a incoloro.

Cálculo

Para la determinación de cloro expresado como concentración de clorito de sodio en ppm se utilizó la siguiente ecuación simplificada:

$$Cl_2 = mlNa_2S_2O_3 * 22.65$$

Donde:

mlNa₂S₂O₃; ml de tiosulfato de sodio consumidos en la titulación

ANEXO N° 9

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE LECHUGA AMERICANA CORTADA A CUADROS

Muestra:				
Escala *	1	2	3	4
Apariencia				
Color Verde Oscuro				
Color Verde Claro				
Color Amarillento				
Marchito				
Oxidado				
Textura				
Crujiente				
Firme				
Flácido				
Sabor				
Característico del vegetal				
Ácido				
Metálico				
Amargo				
A cloro				
Sabor a otra sustancia especifique:				
Fermentado				
Dulce				
Afrutado				
Mohoso				
Olor				
Característico del vegetal				
A cloro				
A otra sustancia especifique:				

* Leyenda de la escala:

- 1 = La muestra no presenta esta característica
- 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica
- 3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica
- 4 = La muestra exhibe completamente esta característica

ANEXO N° 10

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE LA ENSALADA CONSTITUIDA POR REPOLLO MORADO Y BLANCO Y ZANAHORIA

Muestra:				
Escala *	1	2	3	4
Apariencia				
Color característico de cada vegetal				
Descolorido el repollo morado				
Descolorida la zanahoria				
El Repollo blanco está manchado especifique:				
Marchito				
Oxidado				
Textura				
Crujiente				
Firme				
Flácido				
Sabor				
Característico del vegetal				
Ácido				
Metálico				
Amargo				
A cloro				
Sabor a otra sustancia especifique:				
Fermentado				
Dulce				
Afrutado				
Mohoso				
Olor				
Característico del vegetal				
A cloro				
A otra sustancia especifique:				

* Leyenda de la escala:

- 1 = La muestra no presenta esta característica
- 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica
- 3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica
- 4 = La muestra exhibe completamente esta característica

ANEXO N° 11

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE LA ENSALADA COMPUESTA POR LECHUGA AMERICANA Y ROMANA- ZANAHORIA - RADQUIO

Muestra:				
Escala *	1	2	3	4
Apariencia				
Color característico de cada vegetal				
Descolorido algún vegetal especifique:				
Marchito				
Oxidado				
Textura				
Crujiente				
Firme				
Flácido				
Sabor				
Característico de los vegetales				
Ácido				
Metálico				
Amargo				
A cloro				
Sabor a otra sustancia especifique:				
Fermentado				
Dulce				
Afrutado				
Mohoso				
Olor				
Característico de los vegetales				
A cloro				
A otra sustancia especifique:				

* Leyenda de la escala:

- 1 = La muestra no presenta esta característica
- 2 = La muestra presenta ligeramente esta característica
- 3 = La muestra presenta en su mayor parte esta característica
- 4 = La muestra exhibe completamente esta característica

ANEXO N° 12

CÁLCULO TIPO DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

Se describirá en esta sección el cálculo tipo realizado para estimar la cabeza total de las bombas centrífugas de los equipos de las nuevas etapas de lavado.

Datos:

- Equipo definido para producir 15000 kg/día
- Utilizando 10 lt/kg de producto
- Flujo a manejar: agua para una canal y agua con desinfectante en la otra, pero como se trabaja a concentraciones muy bajas se toma como agua también.
- Tuberías de PVC
- Accesorios del sistema de canal N° 1:
 - o 1 válvula de bola
 - o 1 válvula check
 - o 3 codos de 90°
 - o 4 codos de radio largo de 90°
 - o 1 tramo de tubería de 4.04 m de longitud de 2" PVC ced. 40
 - o 6 bifurcaciones de 1/2" en un tramo de tubería de 2.0 m
 - o 1 diferencial de altura respecto de la bomba de $\Delta Z = 1.1$ m
- Accesorios del sistema N° 2
 - o 1 válvula check
 - o 12 codos
 - o 1 válvula de globo
 - o 1 tramo de tubería de 5.32 m de 2" PVC ced. 40
 - o 6 bifurcaciones de 1/2" en un tramo de tubería de 2.0 m
 - o Un diferencial de altura respecto de la bomba de $\Delta Z_2 = 1.65$ m

Cálculo del sistema de canal N° 1:

1. Caudal de agua manejada

$$Q_{lav} = \frac{15000kg}{9hr} * \frac{10lt/kg}{60} = 278lt/min$$

Q_{lav} : flujo de agua de lavado (lt/min)

2. Velocidad media del flujo de agua de lavado

$$U_m = \frac{Q_{lav} * 4}{\pi * Di^2}$$

U_m : velocidad media de flujo de agua de lavado (m/seg)

Di : diámetro interno de la tubería de 2" PVC ced 40³⁰ (m)

$$U_m = \frac{0.28m^3/min * 4}{\pi * (0.053)^2} = \frac{127m/min}{60} = 2.12m/seg$$

3. Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{U_m * \rho * Di}{\mu}$$

Re: número de reynolds (-)

μ : viscosidad del agua de lavado a la temperatura de proceso de 1 °C leído del nomograma de viscosidades para líquidos²⁹

ρ : densidad del agua de lavado (kg/m³)

$$Re = \frac{2.12m/seg * 1000kg/m^3 * 0.053m}{1.52 * 10^{-3} Pa * s} = 73572$$

4. Cálculo del Factor de Darcy

$$\frac{1}{fd} = -2 * \log_{10} * \left(\frac{\xi / Di}{3.71} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{fd}} \right)$$

fd: Factor de Darcy (-)

ξ : Aspereza tomada para una tubería lisa como $5 * 10^{-6}$

$$\frac{1}{fd} = -2 * \log_{10} * \left(\frac{5 * 10^{-6} / 0.053}{3.71} + \frac{2.51}{73572 * \sqrt{fd}} \right)^{-2}$$

$$fd = 1.93 * 10^{-2}$$

5. Pérdidas en el tramo de tuberías ³⁰

$$J = \frac{4.726 * L * Q_{lav}^{1.852}}{D_i^{4.87} * C^{1.852}}$$

J : pérdidas de carga por cada 100 m (m)

L : longitud del tramo (m)

C : coeficiente de fricción (-) tomado en función del caudal y el diámetro de tubería ²⁹

$$J = \frac{4.726 * 4.04 * (4.67 * 10^{-3})^{1.852}}{0.053^{4.87} * 3.618^{1.852}}$$

$$J = \frac{134.4m}{100} = 1.34m$$

6. Pérdidas en los accesorios

$$H_{acc} = \sum \frac{L_{eq}}{D} * f d * \frac{U m^2}{2 * g} = 1.8m$$

H_{acc} : pérdidas por los accesorios incluidos codos y válvulas y tomando el L/D de la tabla de pérdidas para accesorios ²⁹. Se indica la sumatoria porque incluye todos los accesorios mencionados

$$H_{acc} = \sum \frac{L_{eq}}{D} * f d * \frac{U m^2}{2 * g} = 1.8m$$

7. Velocidad media en las bifurcaciones

Se supone que del flujo total entra el mismo caudal a cada bifurcación debido a que todas las entradas de las bifurcaciones son del mismo diámetro y tienen los mismos accesorios y las pérdidas en tramo de tubería de PVC cortos es muy pequeña, lo que hace el flujo tenga aproximadamente la misma resistencia para entrar a cada bifurcación. Por esta razón se estimó que el caudal en cada bifurcación sería de 1/6 del caudal total.

$$U_{mi} = \frac{Q_{lav} / 6}{\pi * D_i^2} * 4$$

U_{mi} : velocidad media del flujo en el tramo de 1/2" (m/seg)

D_i : diámetro interno de la tubería de 1/2" ³⁰

$$U_{mi} = \frac{7.72 * 10^{-4}}{\pi * (0.01662)^2} = 3.56 \text{ m / seg}$$

8. Pérdidas por contracción brusca

$$H_{fc} = \frac{k * U_{mi}^2}{2 * g} * 6$$

H_{fc} : pérdidas por las seis contracciones bruscas de las bifurcaciones (m)

K : factor para una contracción brusca (-)²⁹

$$H_{fc} = \frac{0.44 * (3.56)^2}{2 * 9.8 \text{ m / seg}} * 6 = 10.2 \text{ m}$$

9. Número de Reynolds en el tramo de ½"

$$Re_i = \frac{U_{mi} * \rho * Di}{\mu}$$

Re_i : número de reynolds del tramo de tubería ½" (-)

$$Re_i = \frac{3.56 \text{ m / seg} * 1000 \text{ kg / m}^3 * 0.01662 \text{ m}}{1.52 * 10^{-3} \text{ Pa} * \text{s}} = 38925$$

10. Cálculo del Factor de Darcy

$$\frac{1}{fd_2} = -2 * \log_{10} * \left(\frac{\xi / Di}{3.71} + \frac{2.51}{Re_i * \sqrt{fd_2}} \right) = fd_2 = 2.2 * 10^{-2}$$

fd_2 : Factor de Darcy del tramo de tubería ½" (-)

ξ : Asperidad tomada para una tubería lisa como $5 * 10^{-6}$

$$\frac{1}{fd_2} = -2 * \log_{10} * \left(\frac{5 * 10^{-6} / 0.01662}{3.71} + \frac{2.51}{38925 * \sqrt{fd_2}} \right)$$

$$fd_2 = 2.2 * 10^{-2}$$

11. Pérdidas en los tramos de tuberías de ½"

Como cada tramo de tubería es de 2 m y son seis bifurcaciones se tomó un tramo total de 12 m.

$$Hbif = \frac{fd_2 * L_2 * Umi^2}{Di * 2 * g}$$

Hbif: pérdidas en los tramos de ½” (m)

L₂: longitud de tuberías total (m)

$$Hbif = \frac{0.022 * 12m * 3.56^2}{0.01662m * 2 * 9.8} = 10.27m$$

12. Cabeza total de la bomba

$$Hb = \Delta z + Hbif + Hfc + Hacc + J$$

Hb: Cabeza total de la bomba (m)

Con Hb de aproximadamente 25 m y un caudal de 73 gal/min se seleccionó la bomba utilizando las curvas dadas por el fabricante

$$Hb = 1.1m + 1.34 + 10.2m + 10.27 + 1.8 = 24.71m$$

13. Cabezal total para el sistema de canal N° 2

$$Hb_2 = \Delta z_2 + J_2 + Hbif_2 + Hacc_2 + Hfc_2$$

Hb₂: Cabeza total de la bomba (m)

Hbif₂: pérdidas en los tramos de ½” (m)

Hacc₂: pérdidas por los accesorios incluidos codos y válvulas (m)

J₂: pérdidas de carga por cada 100 m (m)

$$Hb_2 = 1.65m + 1.76m + 10.2m + 2.25m + 10.27m = 26.13m$$

Con Hb de aproximadamente 26 m y un caudal de 73 gal/min se seleccionó la bomba utilizando las curvas dadas por el fabricante

ANEXO N° 13: Layout de la Sección de la Planta N° 1

ANEXO N° 14: DFP Nuevas Etapas Incluidas

ANEXO N° 15

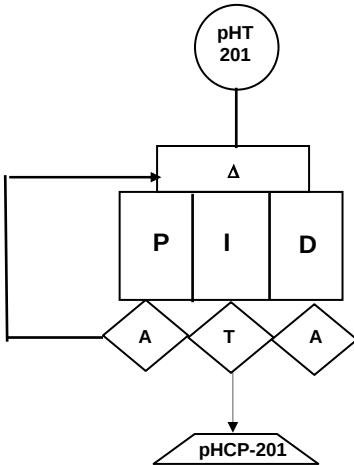
 PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LA ETAPA DE LAVADO DE VEGETALES	HOJA DE DESCRIPCION DE ESTRATEGIA DE CONTROL			HOJA No.: de		
	DOCUMENTO No.:		ARCHIVO No.:		PREPARADO POR: Johanna Mora	FECHA: 11/2005
	REVISIONES					
	No.:	POR	FECHA:	REVISADO:	FECHA:	
				APROBADO:	FECHA:	

1. TAGNAME: pHIC-201

2. VARIABLE CONTROLADA:
pH

3. VARIABLE MANIPULADA:
Flujo de Acido Cítrico

4. VARIABLES DE PERTURBACIÓN:
Flujo de Hipoclorito de calcio



5. TIPO DE MEDIDOR:
Sensor Electrodo de pH.

6. RANGO DE LA VARIABLE MEDIDA:
0-14 (4-20 mA)

7. TIPO DE CONTROLADOR: **Acción:** Directa
Proporcional-Integral-Derivativo (PID)

8. PUNTO DE AJUSTE (Set Point):
6.5 (-)

9. ELEMENTO FINAL DE CONTROL:
Bomba dosificadora de ácido cítrico

10. JUSTIFICACIÓN DEL LAZO:
Mantener el pH de proceso para favorecer la actividad desinfectante del Hipoclorito de calcio

OBSERVACIONES:

ANEXO N° 16

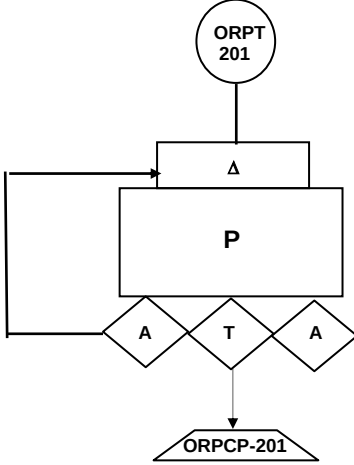
 PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LA ETAPA DE LAVADO DE VEGETALES	HOJA DE DESCRIPCION DE ESTRATEGIA DE CONTROL			HOJA No.: de		
	DOCUMENTO No.:		ARCHIVO No.:		PREPARADO POR: Johanna Mora	FECHA: 11/2005
	REVISIONES					
	No.:	POR	FECHA:	REVISADO:	FECHA:	
				APROBADO:	FECHA:	

1. TAGNAME: ORPIC-201

2. VARIABLE CONTROLADA:
Potencial de Óxido Reducción (ORP)

3. VARIABLE MANIPULADA:
Flujo de Hipoclorito de calcio

4. VARIABLES DE PERTURBACIÓN:
Variaciones en la carga microbiológica del producto procesado



5. TIPO DE MEDIDOR:
Sensor Electrodo de ORP.

6. RANGO DE LA VARIABLE MEDIDA:
0 – 1000 mV (4-20 mA)

7. TIPO DE CONTROLADOR: **Acción:** Inversa
Proporcional (P)

8. PUNTO DE AJUSTE (Set Point):
750 mV

9. ELEMENTO FINAL DE CONTROL:
Bomba dosificadora de hipoclorito de calcio

10. JUSTIFICACIÓN DEL LAZO:
Garantizar el nivel de desinfección de los vegetales

OBSERVACIONES:

ANEXO N° 17

PRUEBA EN ESCALÓN

Asumiendo un lazo de control con un controlador, el experimento de respuesta al escalón se puede realizar de la siguiente manera:

Espere hasta que el proceso está en descanso. Ponga el controlador en manual. Cambie la variable manipulada rápidamente. Registre la variable de proceso (controlada) y escálela dividiéndola por el cambio en la variable manipulada.

El cambio en la variable controlada debe ser el más grande posible de manera de obtener la mayor relación de señal a ruido. Repita la prueba para amplitudes diferentes de la señal de entrada y para diferentes condiciones de operación.

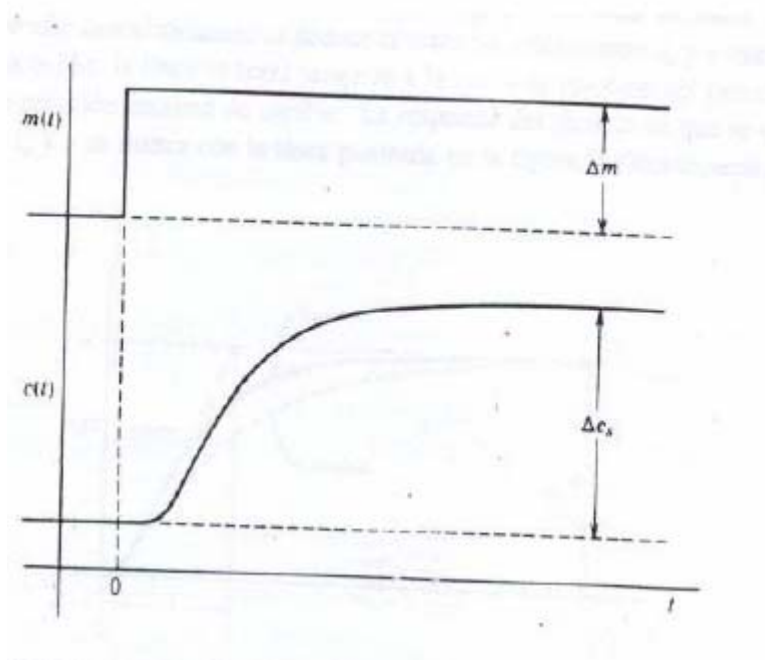


Figura N° 19: Curva Característica de una Prueba en Escalón

ANEXO N° 18

Resultados de la Simulación a lazo cerrado del control de la variable ORP sin considerar el proceso de lavado

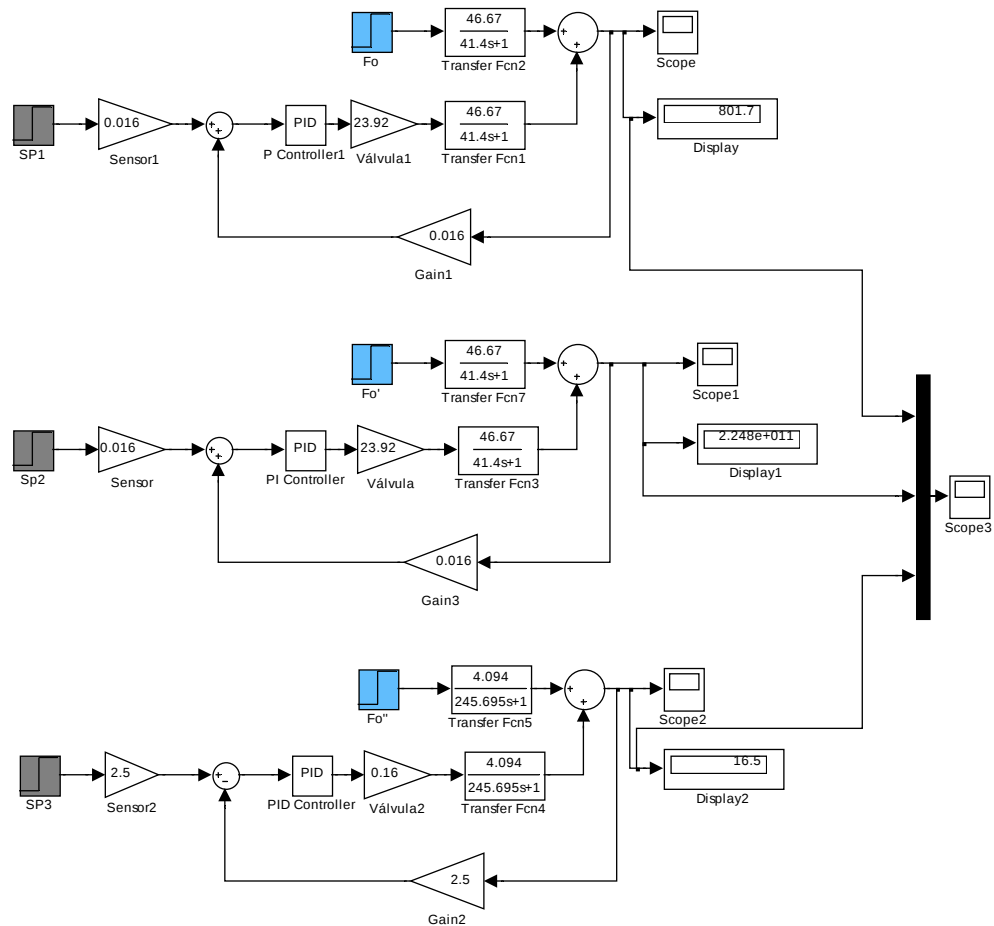
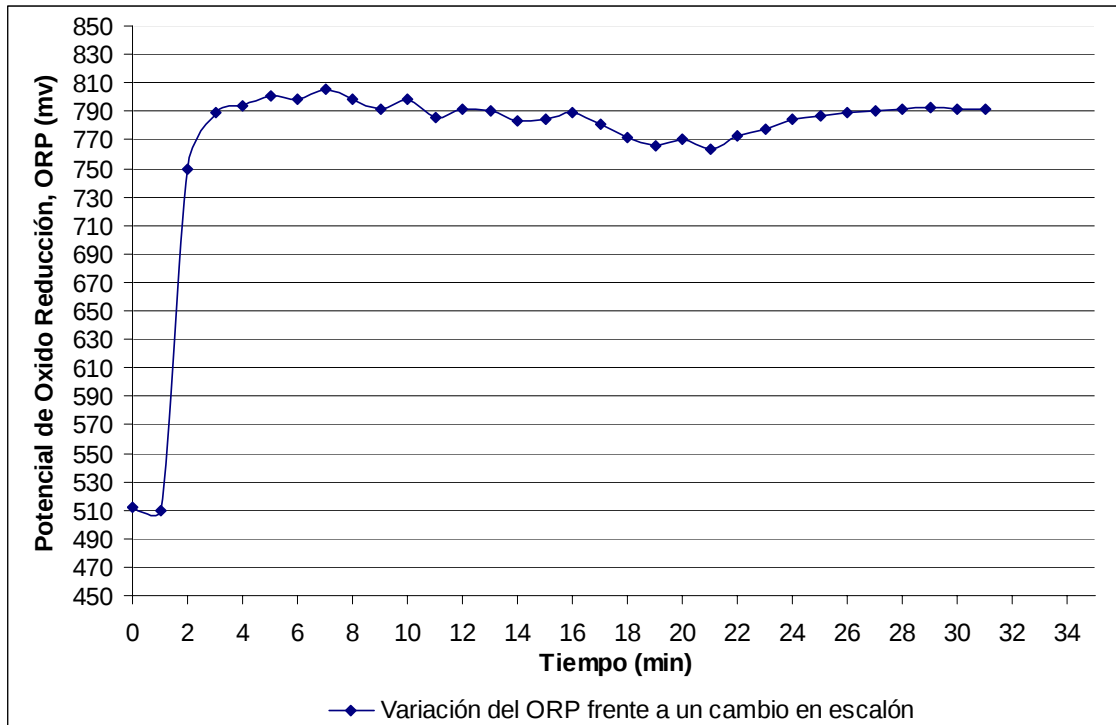


Figura N° 20: Lazos de control en Simulink para el control del ORP fuera de proceso

Esta figura muestra como se configuraron en Simulink los lazos de control, dentro de los cuales cada grupo corresponde a un controlador P, PI y PID respectivamente. Para las bombas dosificadoras se requería de un atraso de primer

orden y una función generadora de pulso, pero se simplificó estimando como elemento final de control una válvula.



Gráfica A: tomada para la realización de los cálculos de los parámetros

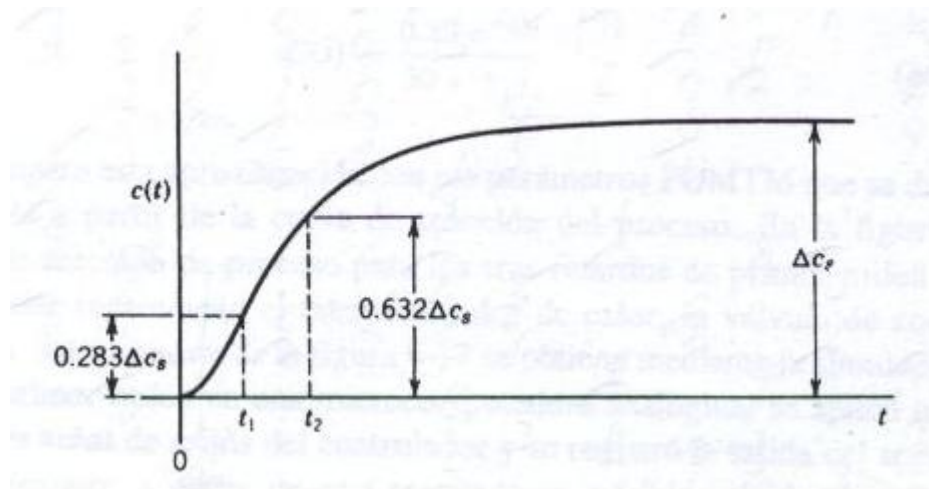
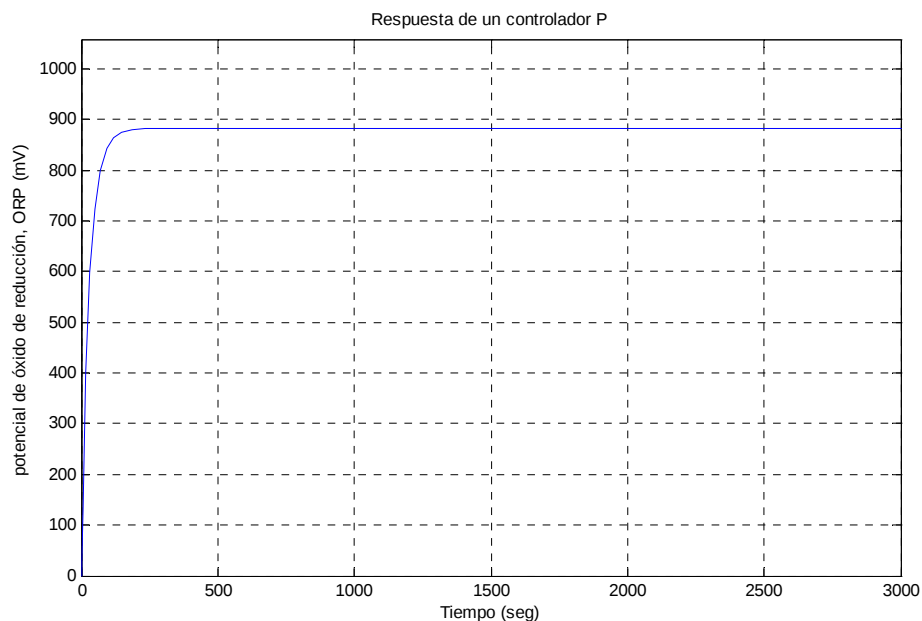


Figura N° 21: Parámetros de modelo POMTM calculados en base a la Gráfica A

Valores por las ecuaciones de Cohen Coon			Kc	tiempo i	tiempo d
Controlador P			0,022		
Controlador PI			0,79837154	199,8	
Controlador PID			1,06449539	120	30
Función de transferencia del Proceso					
Kp (delta ORP/ delta dosificado por la bomba)			46,67		
tao (seg)			41,4		
to (seg)			60		
Hsensor			0,016		
Kv de la valvula como Cv			23,9166521		

Con estos parámetros sólo se obtuvo una respuesta del lazo cerrado para el controlador P, cuyo valor fue de 871 mV y el Set point inicial de 750 mV. Sin embargo, esta curva fue realizada en el sistema de lavado sin pasar los vegetales para el lavado, es decir, esta curva es básicamente de cómo se lleva a cabo el mezclado de la sustancia desinfectante en el sistema y como responde el proceso frente a un dosificación de hipoclorito de calcio.



Gráfica N° 15: Respuesta del lazo de control con un controlador P en Simulink

ANEXO N° 19: DTI de secciones de Lavado incluidas las nuevas etapas

