



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

METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC

Gabriela Irene Asturias Rodríguez

Asesorada por el Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GABRIELA IRENE ASTURIAS RODRÍGUEZ

ASESORADA POR EL ING. OSWIN ANTONIO MELGAR HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Gladys Lorraine Carles Zamarripa
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha enero de 2012.



Gabriela Irene Asturias Rodriguez



Guatemala, 8 de enero de 2013

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente, atentamente le informo que en mi calidad de asesor he revisado a satisfacción el informe final del trabajo de graduación titulado: **“METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC”**, desarrollado por la estudiante **Gabriela Irene Asturias Rodríguez**, quien se identifica con carné estudiantil **2007-15037** de la carrera de Ingeniería Industrial.

Luego de haber realizado la revisión del informe final y de realizar las correcciones pertinentes, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular me suscribo atentamente,

“Id y Enseñad a todos”

Oswin Antonio Melgar H.
INGENIERO INDUSTRIAL
C.I. 9443

Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández
ASESOR

COORDINADOR DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
Jefe de Sección de Gestión de la Calidad
CII/USAC



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC**, presentado por la estudiante universitaria **Gabriela Irene Asturias Rodríguez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2013.

/mgp



REF.DIR.EMI.262.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC**, presentado por la estudiante universitaria **Gabriela Irene Asturias Rodríguez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

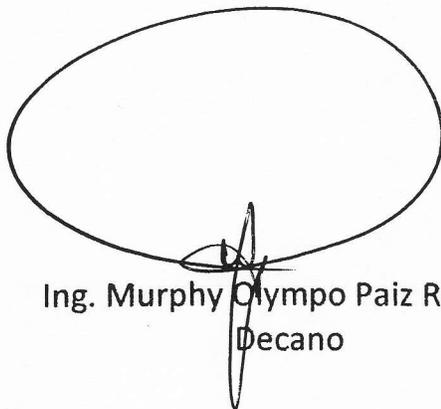


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 700.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC**, presentado por la estudiante universitaria **Gabriela Irene Asturias Rodríguez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 8 de octubre de 2013.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme el privilegio de vivir, guiarme y llenar de bendiciones cada día de mi vida.
- Mis padres** Marco Asturias y Zayda Rodríguez de Asturias. Por su amor incondicional, por apoyarme en todo y motivarme en cada momento de mi existencia, lo son todo para mí, son mis ejemplos a seguir.
- Mis abuelos** Hugo Emilio Asturias, Aura Vélez de Asturias, José Amancio Rodríguez y Thelma Urzúa de Rodríguez. Por el apoyo, cariño y consejos que me han brindado.
- Mis tíos** Hugo Estuardo Asturias, José Rodríguez y Velvet Rodríguez. Por su apoyo y momentos compartidos.
- Mi madrina** Zonia Argentina Vélez. Por ser una importante influencia en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida, iluminarme en todo momento y permitirme alcanzar este triunfo.
Mis padres	Por acompañarme en cada instante de mi vida, por todo su incondicional amor, apoyo y paciencia que me han brindado, gracias por siempre cuidar de mí.
Mis hermanos	Por su cariño y por cada inolvidable momento compartido, son una gran bendición en mi vida.
Ingeniero Oswin Melgar	Por ser mi asesor, por compartir su experiencia y conocimientos con mi persona para culminar con éxito este proyecto.
Licenciada Ingrid Benitez	Por su ayuda y por haberme brindado la oportunidad de trabajar juntas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL CII.....	1
1.1. Introducción al constructivismo.....	1
1.1.1. Inicios del constructivismo	1
1.1.2. Bases del constructivismo	2
1.2. Introducción a la metodología constructivista en el CII.....	8
1.2.1. Requerimientos y procedimientos.....	9
1.2.2. Perfil de los sujetos de prueba.....	22
1.2.3. Laboratorios a utilizar en el CII	22
1.2.4. Evaluación del tipo de productos a elaborar	22
2. INTRODUCCIÓN A LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE LIIMPIEZA EN EL CII	25
2.1. Productos de limpieza a elaborar	25
2.1.1. Desinfectante.....	25
2.1.1.1. Materiales y equipo.....	25
2.1.1.2. Formulación y procedimientos.....	27
2.1.2. Jabón líquido antibacteriano	28

	2.1.2.1.	Materiales y equipo	29
	2.1.2.2.	Formulación y procedimientos.....	31
2.2.		Normas y equipo de seguridad	32
	2.2.1.	Normas de laboratorio.....	32
	2.2.1.1.	Normas básicas de seguridad personal.....	32
	2.2.1.2.	Normas para el manejo de sustancias	34
	2.2.2.	Equipo de protección.....	37
	2.2.1.1.	Bata de laboratorio	37
	2.2.1.2.	Guantes de laboratorio.....	38
	2.2.1.3.	Gafas protectoras.....	39
	2.2.1.4.	Calzado apropiado para laboratorio	40
3.		DISEÑO DE MODELOS CONSTRUCTIVISTAS EN EL CII	41
	3.1.	Modelo constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Plantas	41
	3.1.1.	Inducción a los sujetos de prueba	42
	3.1.2.	Selección del producto de limpieza a elaborar.....	44
	3.1.3.	Planeación del proceso de producción.....	44
	3.1.4.	Producción del producto.....	46
	3.1.4.1.	Determinación de diagramas de procesos.....	48
	3.1.4.2.	Determinación de pH.....	88
	3.1.4.3.	Evaluación de niveles de espuma.....	93
	3.1.5.	Recolección y análisis de datos del modelo.....	105
	3.1.6.	Resultados del modelo.....	108
	3.2.	Modelo constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos.....	110

3.2.1.	Análisis de diagramas de procesos	111
3.2.2.	Análisis de las operaciones	113
3.2.3.	Diseño del trabajo manual	123
3.2.4.	Procedimientos para la medición del trabajo	126
3.2.5.	Calificación del desempeño	134
3.2.6.	Suplementos.....	139
3.2.7.	Recolección y análisis de datos del modelo	141
3.2.8.	Resultados del modelo	143
3.3.	Costo/beneficio del modelo	146
4.	MODELOS CONSTRUCTIVISTAS EN EL CII Y EL IMPACTO AMBIENTAL	171
4.1.	Normativa para el manejo de sustancias.....	171
4.2.	Normativa para el manejo de desechos	174
	CONCLUSIONES	181
	RECOMENDACIONES	185
	BIBLIOGRAFÍA.....	189
	ANEXOS	193

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Interacción del instructor y del estudiante para este estudio.....	7
2.	Delimitación del campo de estudio en la Facultad de Ingeniería de la USAC	11
3.	Hipótesis de trabajo y variables de la misma	12
4.	Delimitación de la variable dependiente en función al alcance de la investigación	13
5.	Distribución de los productos a analizar.....	21
6.	Productos de limpieza más utilizados en la USAC, marzo de 2012.....	23
7.	Consumo mensual de productos de limpieza en la USAC, marzo de 2012	24
8.	Bata de laboratorio de manga larga	38
9.	Guantes de laboratorio desechables.....	39
10.	Gafas protectoras adecuadas	40
11.	Calzado cerrado para laboratorio.....	40
12.	Fases para el modelo en el área aplicable al curso de Ingeniería de Plantas	41
13.	Cuadro informativo para la inducción de los estudiantes	43
14.	Distribución del área de trabajo dentro del laboratorio.....	45
15.	Desinfectantes M y R	46
16.	Jabones líquidos antibacterianos I y O.....	47
17.	DFP 1 galón de desinfectante M	48
18.	DFP 1 galón de desinfectante R	57
19.	DFP 1 galón de jabón líquido antibacteriano I.....	66

20.	DFP 1 galón de jabón líquido antibacteriano O	77
21.	Potenciómetro utilizado para la medición de pH	89
22.	Diagrama de bloques para la determinación de pH.....	90
23.	Matraz de bola graduado para la medición de espuma	93
24.	Diagrama de bloques para la determinación de niveles de espuma.....	94
25.	Medición de espuma de desinfectante 1.....	95
26.	Medición de espuma de desinfectante 2.....	96
27.	Medición de espuma de desinfectante 3.....	97
28.	Medición de espuma de desinfectante 4.....	97
29.	Medición de espuma de desinfectante M.....	98
30.	Medición de espuma de desinfectante R	99
31.	Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano A.....	100
32.	Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano B.....	101
33.	Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano C.....	102
34.	Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano I	103
35.	Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano O	104
36.	Fases para el modelo del área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos	111
37.	Fórmula de productividad	112
38.	Dimensiones actuales de la estación de trabajo de pie	123
39.	Estaciones de trabajo dentro del área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini.....	124
40.	Línea de vista de los sujetos.....	125
41.	Fórmula del TC promedio	127
42.	Fórmula del FC	128
43.	Fórmula del FA	129
44.	Fórmula del TN	130
45.	Fórmula del TE	132

46.	Fórmula de la eficiencia del sistema de producción.....	133
47.	Planeación para la elaboración de desinfectante para el curso de Ingeniería de Plantas	152
48.	VANE y B/C, C/E para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Plantas con el proveedor actual	153
49.	Planeación para la elaboración de jabón líquido para el curso de Ingeniería de Métodos.....	162
50.	VANE y B/C, C/E para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Métodos con el proveedor actual	163
51.	Precio de compra de productos de limpieza para la USAC, marzo de 2012	169
52.	Vertido de residuos líquidos no peligrosos.....	174
53.	Vertido de residuos sólidos no peligrosos.....	176

TABLAS

I.	Indicadores de la variable independiente.....	14
II.	Indicadores de la variable dependiente delimitada	15
III.	Muestra y población tomadas en junio de 2012	16
IV.	División de los grupos de estudio de la muestra de junio de 2012.....	17
V.	Productos elaborados por los grupos de estudio en junio de 2012.....	18
VI.	Productos patrón para el análisis comparativo con los productos elaborados en junio de 2012	20
VII.	Reactivos para 1 galón de desinfectante	27
VIII.	Proceso para la elaboración de desinfectante	28
IX.	Reactivos para 1 galón de jabón líquido antibacteriano	30
X.	Proceso para la elaboración de jabón líquido antibacteriano	31
XI.	Resumen DFP de desinfectante M	56
XII.	Resumen DFP de desinfectante R.....	65

XIII.	Resumen DFP de jabón líquido antibacteriano I	76
XIV.	Resumen DFP de jabón líquido antibacteriano O	88
XV.	Determinación de pH de desinfectantes.....	92
XVI.	Determinación de pH de jabones líquidos	93
XVII.	Niveles de espuma de desinfectantes.....	100
XXVIII.	Niveles de espuma de jabones líquidos antibacterianos	105
XIX.	Recopilación de datos de desinfectantes	106
XX.	Recopilación de datos de jabones líquidos antibacterianos	107
XXI.	Resultados del modelo del curso de Ingeniería de Plantas.....	108
XXII.	Productividad de los productos elaborados.....	112
XXIII.	Enfoques principales del análisis de la operación	113
XXIV.	TC promedio de los productos elaborados.....	127
XXV.	FC de los productos elaborados.....	128
XXVI.	FA de los productos elaborados.....	130
XXVII.	TN de los productos elaborados.....	131
XXVIII.	TE de los productos elaborados.....	132
XXIX.	Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse	135
XXX.	Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse.....	136
XXXI.	Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse.....	137
XXXII.	Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse.....	138
XXXIII.	Suplementos recomendados por ILO	140
XXXIV.	Concesiones o suplementos totales utilizados	141
XXXV.	Recopilación de datos de los productos elaborados	142
XXXVI.	Resultado del modelo del curso de Ingeniería de Métodos.....	144
XXXVII.	Costo de reactivos químicos para 1 galón de desinfectante con el proveedor actual	147
XXXVIII.	Costo actual de materia prima para 1 galón de desinfectante....	148
XXXIX.	Gastos de fabricación para 1 galón de desinfectante.....	149

XL.	Costo total para la producción artesanal de 1 galón de desinfectante con el proveedor actual.....	150
XLI.	Costo y beneficio anual para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Plantas con el proveedor actual	155
XLII.	Costo de reactivos químicos para 1 galón de jabón líquido antibacteriano con el proveedor actual.....	157
XLIII.	Costo actual de materia prima para 1 galón de jabón líquido antibacteriano.....	158
XLIV.	Gastos de fabricación para 1 galón de jabón líquido antibacteriano..	159
XLV.	Costo total para la producción artesanal de 1 galón de jabón líquido antibacteriano con el proveedor actual.....	160
XLVI.	Costo y beneficio anual para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Métodos con el proveedor actual	165
XLVII.	Comparación de costos de reactivos químicos	166
XLVIII.	Comparación de costos totales de los modelos	168
XLIX.	Manejo y eliminación para residuos líquidos no peligrosos.....	172
L.	Caducidad de los productos elaborados	173
LI.	Manejo y eliminación para residuos sólidos no peligrosos.....	175
LII.	Reutilización de envases con el proveedor actual.	177
LIII.	Reutilización de envases con el nuevo proveedor	178
LIV.	Comparación de costos totales de los modelos con envases reutilizados	179

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
gal	Galón
°	Grados
g	Gramo
h	Hora
i	Interés
H+	Ion hidrógeno
OH-	Ion hidróxido
kg	Kilogramo
kWh	Kilo watt hora
<	Menor que
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
ml	Mililitro
min	Minuto
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
Q	Quetzal
Σ	Sumatoria
s	Segundo

GLOSARIO

ACAAI	Agencia Centroamericana de Acreditación de programas de Arquitectura y de Ingeniería
Alcohol isopropílico	Alcohol incoloro, inflamable, miscible con el agua y provisto de un olor intenso.
Amonio cuaternario	Compuesto antimicrobiano considerado como agente activo desinfectante en la neutralización y eliminación de bacterias.
<i>Beaker</i>	Recipiente cilíndrico de vidrio utilizado comúnmente en laboratorios para la preparación, calentamiento o traspaso de sustancias.
B/C, C/E	Relación Beneficio/Costo y Costo/Efectividad.
CAE	Costo Anual Equivalente
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería
Cloruro de sodio	Compuesto químico comúnmente conocido como sal comestible, es una de las sales responsables de la salinidad.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas

Constructivismo	Corriente que afirma que el conocimiento de todas las cosas surge a partir de la actividad intelectual del sujeto, quien alcanza su desarrollo según la interacción que entabla con su medio.
DFP	Diagrama de Flujo de Proceso
EMI	Escuela de Mecánica Industrial
FA	Factor de Actuación
FC	Factor de Calificación
Glicerina	Alcohol incoloro que se encuentra en todos los cuerpos grasos como base de su composición.
Hidrógeno	Gas incoloro e insípido, 14 veces más ligero que el aire, que forma parte de la composición de muchas sustancias orgánicas y que forma el agua al combinarse con oxígeno.
ILO	International Labour Office
Inteligencia sensoriomotriz	Forma en que un individuo se adapta y conoce el medio que lo rodea, es decir, la manera en que el individuo utiliza su aparato sensitivo y motriz para conocer su entorno.

Investigación experimental	Conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver.
Ion	Átomo que, por pérdida o ganancia de uno o más electrones, ha adquirido una carga eléctrica.
IVA	Impuesto sobre el Valor Agregado
LAFIQ	Laboratorio de Análisis Físico Química
LIEXVE	Laboratorio de Investigación y Extracción de Vegetales
Matraz de bola graduado	Instrumento de vidrio empleado para medir con exactitud un volumen determinado de la sustancia.
Matraz Erlenmeyer	También llamado matraz de síntesis, consiste en un frasco cónico de vidrio transparente con una base ancha y alargada, cuello cilíndrico, estrecho y con una abertura en el extremo estrecho.
Metilparaben	Polvo cristalino blanco de tenue olor, con propiedades antibacterianas, comúnmente utilizado como conservante para cosméticos, medicamentos y alimentos.

Método científico	Método de investigación que realiza una serie de etapas para la obtención de un conocimiento válido desde el punto de vista científico.
Metodología constructivista	Conjunto de métodos que propician el aprendizaje en el que un individuo, a base de su conocimiento inicial, construye o reconstruye su nuevo conocimiento ante una nueva experiencia, concepto o situación.
Nonilfenol	Potente desengrasante y emulsionante utilizado en la fabricación de productos para la limpieza y desengrasado de maquinarias, entre otros.
Perilla de succión	También llamada pera de succión o pera de goma, es un aparato utilizado con el propósito de succionar un líquido.
Pipeta serológica	Instrumento volumétrico de laboratorio, comúnmente de vidrio, que permite medir la alícuota de líquido con un gran nivel de precisión.
Potenciómetro	Instrumento para la medición de pH de una disolución, en el cual se mide la diferencia de potencial entre un electrodo de referencia y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno.
Probeta	Recipiente tubular de cristal alargado, graduado y cerrado por un extremo, utilizado para la contención y medición de sustancias.

Propilenglicol	Líquido incoloro, insípido e inodoro utilizado generalmente como humectante en productos farmacéuticos, cosmética y alimentos.
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Bacteria que infecta el tracto pulmonar, urinario, tejidos, heridas y causa infecciones sanguíneas.
<i>Salmonella choleraesuis</i>	Bacteria que produce tanto un patrón secretor como diarrea aguda acuosa y un patrón invasor de enfermedades clínicas conocidas como fiebre entérica, fiebre tifoidea o fiebre paratifoidea.
<i>Staphylococcus aureus</i>	Bacteria que puede producir una amplia gama de enfermedades desde infecciones cutáneas y de las mucosas como foliculitis, forunculosis o conjuntivitis, hasta enfermedades graves como osteomielitis, meningitis, sepsis, endocarditis, neumonía y abscesos profundos.
Texapon	Derivado del petróleo, tenso activo con comportamiento polar y apolar, es decir, sus anillos de benceno le dan la propiedad apolar, los cuales se unen al agua y el sodio se une a la suciedad.
<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	Hongo parásito que tiene la capacidad de invadir la piel, pelo y uñas del hombre y animales, produciendo la infección llamada dermatofitosis, la cual presenta desde síntomas leves hasta lesiones supuradas e inflamatorias intensas en dichos tejidos.

TC	Tiempo Cronometrado
TE	Tiempo Estándar
TN	Tiempo Normal
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
VANE	Valor Actual Neto Económico
VPC	Valor Presente de los Costos

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, va encaminado a los esfuerzos a realizar para la acreditación de las carreras profesionales de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial (EMI) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Se pretende, por consiguiente, diseñar modelos constructivistas en el área de aplicación de los cursos profesionales de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial, que contemple la iniciativa en la elaboración de productos, en específico productos de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).

En el primer capítulo, se contempla describir las bases del constructivismo, así como de la metodología constructivista en el CII para el diseño de los modelos constructivistas. Se describen los requerimientos y procedimientos a utilizar, involucrando las etapas del método científico para el desarrollo del presente estudio. Asimismo, se definen las variables de la hipótesis, los indicadores de las mismas, así como la muestra y población de estudiantes de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos, de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la USAC, tomadas en junio de 2012 para la formación de los grupos de sujetos de prueba en este estudio.

En el segundo capítulo, se brindan las bases para la elaboración artesanal de productos de limpieza de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos en las instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini del CII, con las formulaciones disponibles en la

Sección de Gestión de Calidad de este centro. Asimismo, en este capítulo se encuentran las normativas de seguridad para la elaboración de estos productos, que contemplan ser elaborados por estudiantes que conforman los grupos de sujetos de prueba.

En el tercer capítulo, se pretende diseñar los modelos con base en la Metodología Constructivista para los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos en el CII, en función de la elaboración artesanal de los productos de limpieza de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos. Estos productos, elaborados por los grupos de estudiantes, son sujetos a los análisis respectivos de cada modelo. Asimismo, en este capítulo se presentan los resultados de estos modelos, así como el análisis costo/beneficio de los mismos, con base en la distribución propuesta en esta sección.

En el cuarto capítulo, se presentan las normativas a seguir tanto para el manejo de sustancias como para el manejo y disposición de los desechos que se presenten en el proceso de elaboración de los productos de limpieza anteriormente mencionados. Asimismo, se propone en este capítulo la importancia de la reutilización de los envases de los productos elaborados puesto que además de reducir el impacto ambiental al ser reutilizados, se comprueba que reduce significativamente los costos de ambos modelos constructivistas.

Se espera que la información de esta investigación experimental, sea de utilidad en investigaciones futuras, contribuyendo en los esfuerzos de acreditación de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

OBJETIVOS

General

Diseñar modelos constructivistas, que contemplen la iniciativa en la elaboración de productos de limpieza en el área de aplicación de los cursos de producción de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial en el CII/USAC.

Específicos

1. Diseñar un modelo según la metodología constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Plantas en el CII en función de la elaboración de productos de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos.
2. Diseñar un modelo según la metodología constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos en el CII en función de la elaboración de productos de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos.
3. Evaluar la metodología constructivista en el aprovechamiento del área aplicable de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos en el CII.

4. Determinar los potenciales beneficios, tanto para el estudiante de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial como para la EMI al considerar los modelos de propuesta basados en la metodología constructivista.

HIPÓTESIS

Dado que el presente trabajo de investigación contempla el diseño de modelos constructivistas en el área de aplicación de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos para los estudiantes de las carreras de la EMI, se ha formulado la siguiente hipótesis: la metodología constructivista conlleva a un mejor aprovechamiento del área aplicable de los cursos del área de producción para los estudiantes de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial.

INTRODUCCIÓN

La acreditación es un proceso de evaluación, basado en estándares y criterios establecidos por la Agencia Centroamericana de Acreditación de programas de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI), con el objetivo de identificar a nivel centroamericano las carreras y programas universitarios que cumplan con dichos estándares y criterios para la mejora de la calidad de las mismas.

Es por ello que el presente tema, va encaminado a los esfuerzos que se pretenden realizar para el fortalecimiento de los procesos de acreditación de las carreras profesionales de la EMI de la USAC. Se pretende, por consiguiente, diseñar modelos constructivistas en el área de aplicación de los cursos profesionales de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial, que contemple la iniciativa en la elaboración de productos, en específico productos de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos, en el CII.

El desarrollo del proceso, estudio, elaboración y análisis de productos de limpieza, están comprendidos de diferentes aspectos, los cuales comienzan con la definición de las variables de la hipótesis y los indicadores de las mismas, así como la muestra y población de estudiantes de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos, las cuales fueron tomadas durante el mes de junio de 2012, con el fin de formar grupos de sujetos de prueba y que con los mismos, se procediera a realizar el estudio de elaboración de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos, tomando como base las normas de manejo y utilización de sustancias, así como de las normas de manejo y disposición de desechos.

Los resultados que se obtienen y se plasman en el presente trabajo de tesis, pretenden como fin principal brindar una investigación experimental confiable, y de utilidad para investigaciones futuras, así como de contribuir a los esfuerzos de acreditación de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

1. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL CII

1.1. Introducción al constructivismo

Se denomina constructivismo a la corriente de la didáctica que afirma que el conocimiento de las cosas es un proceso mental en la persona, el cual se desarrolla conforme la obtención de información e interacción con el entorno.

En el constructivismo el aprendizaje es un proceso en el cual el estudiante construye nuevas ideas a través de la interacción con el medio en función de los conocimientos presentes y previos de los educandos. De esta forma el aprendizaje se construye según los propios conocimientos del estudiante desde sus propias experiencias.

1.1.1. Inicios del constructivismo

En lo referente a los precursores del constructivismo figuran Jerome Bruner y Noam Chomsky, personajes que proponen que elementos como el lenguaje y la experiencia previa están estrechamente relacionados con el desarrollo de nuevas estructuras mentales.

Asimismo, entre las figuras claves del constructivismo se destaca Jean Piaget, epistemólogo, psicólogo y biólogo, cuyos estudios se centran en la construcción del conocimiento a partir de la interacción con el medio. Piaget ve el constructivismo como una explicación de cómo se adquiere el aprendizaje.

Piaget, de nacionalidad suiza, inició su trabajo en instituciones psicológicas en Zúrich y París elaborando la teoría sobre la inteligencia sensoriomotriz que describe el desarrollo de una inteligencia práctica basada en la acción. Asimismo, presenta el crecimiento intelectual como un proceso de reestructuración del conocimiento. Dicha reestructuración inicia con un cambio externo el cual crea un desequilibrio que modifica la estructura existente para el surgimiento de nuevas ideas o estructuras mentales en la persona.

La teoría de la inteligencia sensoriomotriz de Piaget describe el desarrollo de una inteligencia práctica con base en la acción. Esta inteligencia se genera por acciones sensoriales y motrices en interacción con el medio. Piaget enfatiza con esta teoría los estadios de desarrollo de la inteligencia en el individuo, desde su infancia hasta su adultez; siendo éstos los estadios sensorio-motor, desde el nacimiento del individuo hasta los 2 años, el preoperatorio, entre los 2 y los 7 años, el de las operaciones concretas, entre los 7 y los 11 años, y el de las operaciones formales, comprendido desde los 12 años en adelante, estadios que, según Piaget, son característicos en el desarrollo cognitivo del individuo.

En este desarrollo cognitivo se combinan los conocimientos acumulados y la interacción con el ambiente que, según Piaget, constituyen los factores que intervienen en el proceso de aprendizaje constructivista.

1.1.2. Bases del constructivismo

El constructivismo se basa en la manera en que las personas construyen su propio conocimiento y entendimiento sobre el entorno por medio de la experimentación. Asimismo, existen tres factores que intervienen en el proceso de aprendizaje constructivista: los factores internos o procesos cognitivos, las

experiencias del individuo o conocimientos acumulados y los factores del entorno proveedores de las nuevas experiencias.

Al hablar de constructivismo se puede partir de una teoría basada en la observación y estudio científico, de cómo el estudiante aprende. Se puede decir que el ser humano construye su percepción del entorno por medio del reflejo de sus experiencias. Asimismo, el constructivismo postula la necesidad de entregar al alumno herramientas que le permitan crear sus propios procedimientos para resolver una situación problemática, lo cual implica que sus ideas se modifiquen y siga aprendiendo.

Entre las bases que conforman el enfoque constructivista en el aprendizaje se encuentran las siguientes:

- Ideas básicas

Entre las ideas elementales a considerar para el aprendizaje constructivista se encuentran:

- El aprendizaje según el enfoque constructivista consiste en un proceso activo y dinámico en el cual el estudiante construye nuevas ideas según sus conocimientos previos y la interacción con el entorno. Lo elemental es el proceso, no el resultado. Para nuestro estudio, durante la elaboración artesanal de los productos de limpieza, desinfectante y jabón líquido antibacteriano, se busca que el estudiante aplique los conocimientos adquiridos, de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos, durante el proceso de elaboración artesanal de dichos productos.

- El estudiante selecciona la información necesaria y la transforma según la situación del entorno, formulando hipótesis y tomando decisiones en cuanto al tipo de conocimientos a aplicar referentes a los cursos del área de producción, Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos, durante el proceso de elaboración artesanal de los desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos.
 - En este aprendizaje el estudiante posee estructuras mentales previas que se modifican por medio del proceso de adaptación al entorno en que se desenvuelven.
 - El estudiante construye nuevos conocimientos por medio de acciones sobre el entorno, construyendo su propia representación de la realidad.
 - En este proceso el estudiante aprende la manera de hacer las cosas y no solamente qué es lo que aprende, en otras palabras, es un proceso en el cual se aprende haciendo.
 - Este aprendizaje constituye un proceso activo y a la vez acumulativo en el cual el conocimiento previo y la interacción con el medio estimulan una retención más duradera de la información así como la obtención de nuevos conocimientos.
- Función del instructor

Entre las funciones que el instructor debe desempeñar para el aprendizaje constructivista del estudiante se encuentran:

- Coordinar situaciones de aprendizaje que les permita a los educandos construir nuevos conocimientos con base en los que ya adquirieron anteriormente.
- Orientar al estudiante en cuanto a resolución de posibles dudas, durante la elaboración artesanal del producto, referentes al uso adecuado de los instrumentos de laboratorio y la adecuada disposición de los reactivos según la normativa del laboratorio sobre el manejo de sustancias que se presenta en el numeral 2.2.1.2., normas para el manejo de sustancias.
- Promover tanto la interacción entre los estudiantes como la promoción del pensamiento crítico en lo referente al reconocimiento, construcción y evaluación de argumentos.
- Ratificar los conocimientos previos de los educandos.
- Evaluar el conocimiento que los estudiantes han ganado para cerciorarse de que sus percepciones del nuevo conocimiento que han venido construyendo son lo que se esperaban.
- Ayudar al desempeño de los estudiantes guiándolos en la construcción de conocimientos sin otorgar información en forma explícita.
- Otorgar el ambiente y las herramientas necesarias a los estudiantes para que éstos realicen sus propias resoluciones.

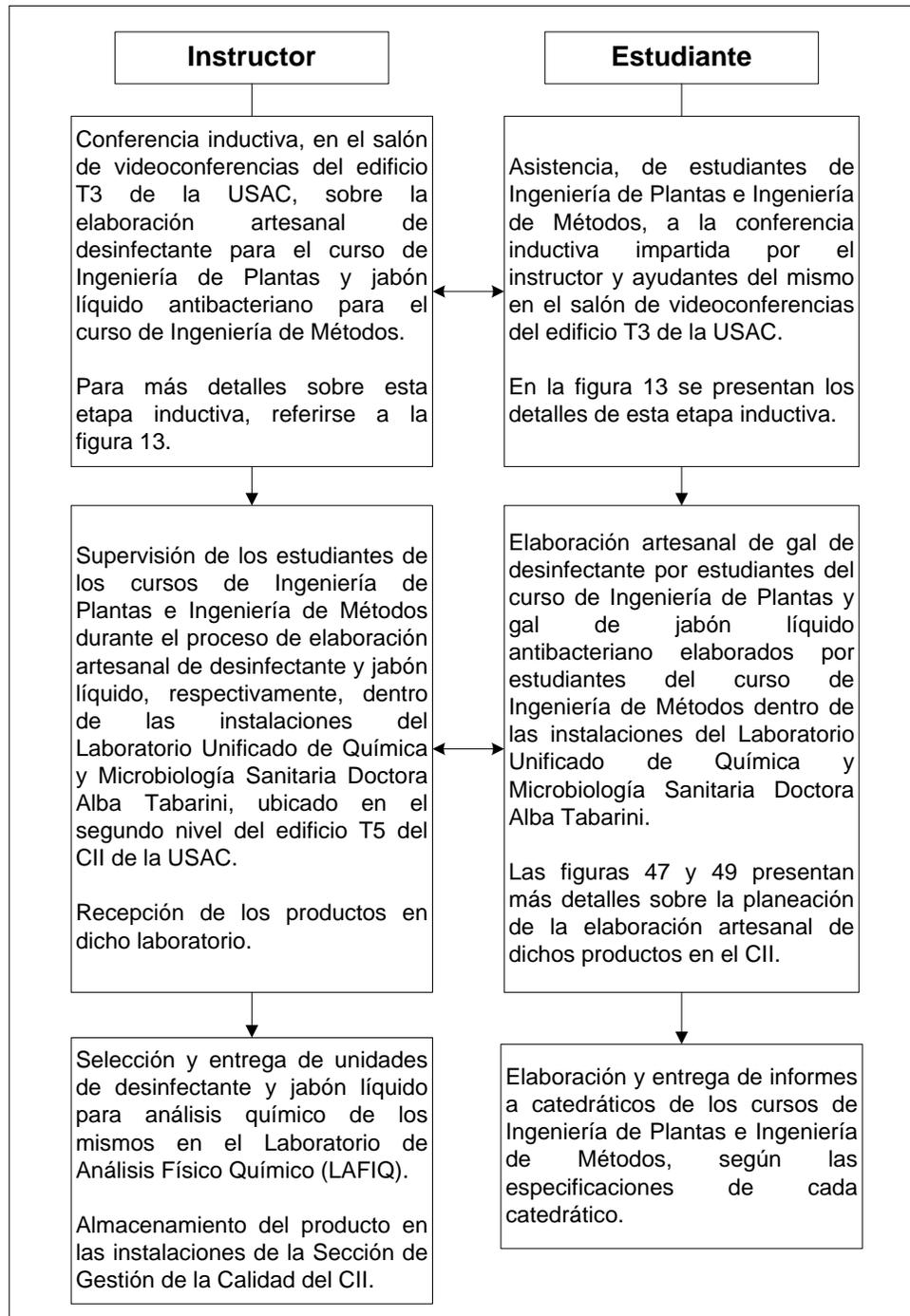
- Función del estudiante

Entre las funciones que el estudiante debe desempeñar para el aprendizaje constructivista se encuentran:

- Desempeñar un rol activo dado al proceso dinámico que se requiere por parte del estudiante para la elaboración y/o entendimiento propio de conceptos e ideas con base en los conocimientos adquiridos previamente y a la interacción con el medio.
- Aprender por medio de la experimentación; operando activamente la nueva información que se presenta con el entorno, construyendo sobre el conocimiento adquirido con anterioridad.
- Participar de manera activa en las actividades propuestas por el instructor, así como plantear y defender ideas así como evaluar e integrar las ideas de otros según lo amerite la situación.
- Proponer soluciones presentando razones que soporten o respalden las conclusiones a las que se llegaron.
- Hacer sus propias inferencias, hallazgos y resoluciones con base en los conocimientos propios adquiridos.

En la figura 1 se observa la interacción del instructor con los estudiantes de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos desde la fase inductiva hasta la supervisión durante la elaboración artesanal de los productos.

Figura 1. **Interacción del instructor y del estudiante para este estudio**



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura 1, para la fase de inducción a los sujetos que elaborarán el desinfectante y jabón líquido antibacteriano, estudiantes de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos respectivamente, se contempla una conferencia inductiva impartida por el instructor y ayudantes del mismo en el salón de videoconferencias del edificio T3 de la Facultad de Ingeniería de la USAC. Los detalles de esta etapa se muestran en la figura 13.

Luego de la etapa inductiva, el instructor procede a la supervisión de los estudiantes durante la elaboración artesanal del desinfectante y jabón líquido antibacteriano en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini. La selección de unidades para el análisis químico en LAFIQ queda a disposición del instructor así como el almacenamiento del resto del producto terminado en la Sección de Gestión de la Calidad del CII.

1.2. Introducción a la metodología constructivista en el CII

El desarrollo del presente tema, Metodología constructivista para la iniciativa en la elaboración de productos en el área de aplicación de los cursos de producción de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial en el CII/USAC, contempla específicamente los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos dentro de las instalaciones del CII ubicado en la ciudad universitaria, zona 12, edificio T5, segundo nivel.

Entre los servicios de laboratorios que el CII presta se tienen los siguientes: Materiales de la Construcción, Tecnología de Materiales, Química Industrial, Química y Microbiología Sanitaria, Metales y Productos Manufacturados, Aglomerantes, Morteros y Concretos, Laboratorio de Investigación y Extracción de Vegetales (LIEEXVE), LAFIQ, Gestión de la Calidad, Mecánica de Suelos y Tecnología de la Madera.

Es por ello que dentro de la Facultad de Ingeniería se ha contemplado el CII para la introducción al constructivismo, puesto que reúne características esenciales de ambientes constructivistas de aprendizaje tales como: proveer ambientes de aprendizaje con múltiples representaciones de la realidad; ambientes de aprendizaje que enfatizan situaciones de la vida real y estudios de casos que promueven la reflexión con base en la experiencia y la construcción de conocimientos.

1.2.1. Requerimientos y procedimientos

Entre los resultados esperados de este estudio se encuentran el comprobar que la metodología constructivista conlleva a un mejor aprovechamiento del área aplicable de los cursos del área de producción de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos para los estudiantes de las carreras profesionales de la EMI. Para alcanzar dichos resultados, se contempla el diseño de modelos según la metodología constructivista en el área de aplicación de los cursos descritos mediante la iniciativa de la elaboración de productos de limpieza para los estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial en el CII/USAC.

Una vez seleccionada la muestra de los sujetos de prueba, se procede a dividirla en grupos de estudio de dos integrantes, de los cuales se recopilan los datos y resultados obtenidos. Para la supervisión de los sujetos de prueba, en lo referente a la elaboración del jabón líquido antibacteriano y del desinfectante, se contempla al Ingeniero Industrial Oswin Antonio Melgar Hernández, Coordinador del Sistema de Gestión de la Calidad y Jefe de Sección de Gestión de la Calidad en el CII/USAC.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se contempla la investigación experimental del método científico, por ser un procedimiento sistemático, verificable, de razonamiento riguroso y de observación empírica que permite analizar y sistematizar la información mediante el proceso investigativo.

Dado que la investigación científica puede cumplir dos propósitos fundamentales, el de la investigación básica y el de la investigación aplicada, el presente trabajo se enfoca en el cumplimiento de esta última; siendo entonces la investigación aplicada la ideal para la resolución a problemas prácticos. Asimismo, se procede a cumplir las siguientes etapas del método científico para lograr resultados válidos y confiables en la investigación.

- Observación

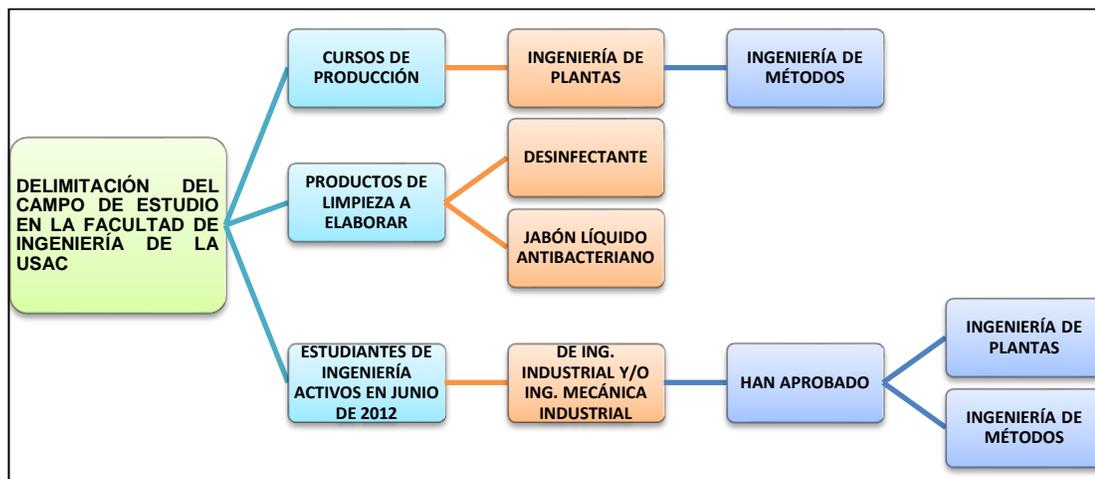
Entre los esfuerzos para el fortalecimiento del proceso de acreditación de las carreras profesionales de la EMI, se ha detectado una deficiencia en las áreas prácticas de aplicación de los cursos del área de producción dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería para los estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial de la USAC.

- Definición del problema

Debido a la deficiencia detectada en el área aplicable del área de producción de las carreras de la EMI, se contempla abarcar el área de aplicación de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos mediante el diseño de modelos constructivistas en el CII, en función de la elaboración de productos de limpieza de desinfectantes y jabones líquidos

antibacterianos, para los estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial. La figura 2 muestra la delimitación de este estudio.

Figura 2. **Delimitación del campo de estudio en la Facultad de Ingeniería de la USAC**

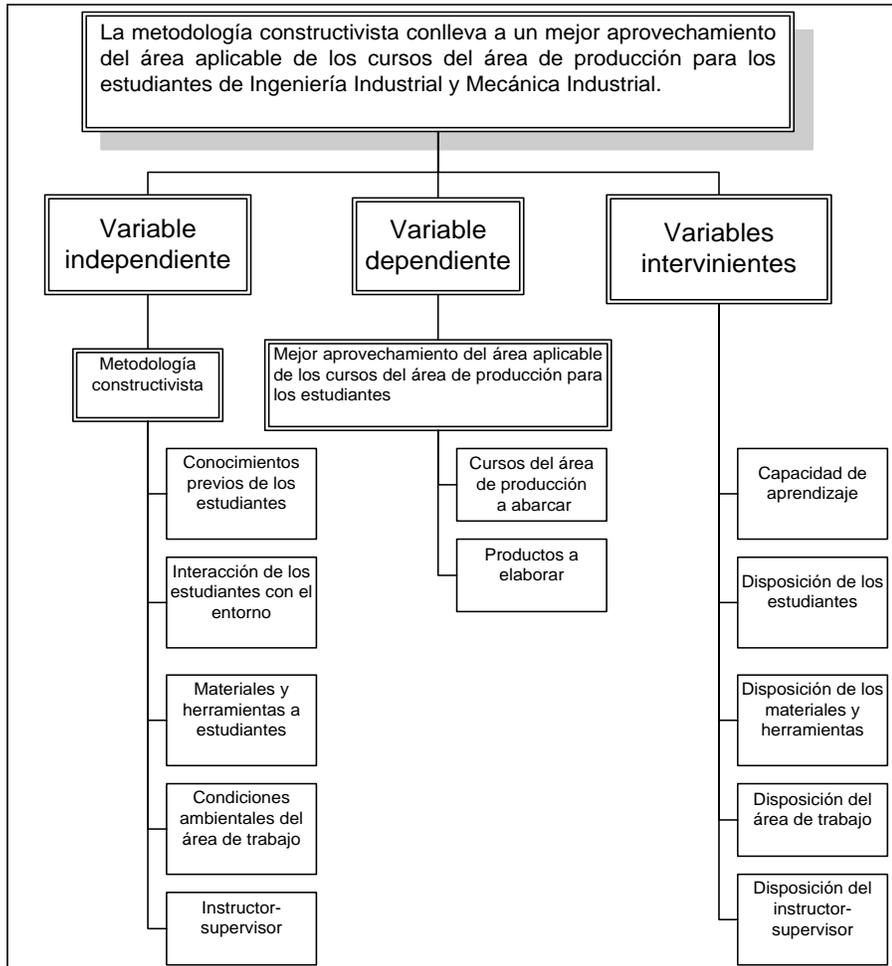


Fuente: elaboración propia.

- Formulación de hipótesis

Dado a que el presente trabajo de investigación contempla el diseño de modelos constructivistas en el área de aplicación de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos para los estudiantes de las carreras de la EMI, se ha formulado la siguiente hipótesis: la metodología constructivista conlleva a un mejor aprovechamiento del área aplicable de los cursos del área de producción para los estudiantes de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial.

Figura 3. **Hipótesis de trabajo y variables de la misma**

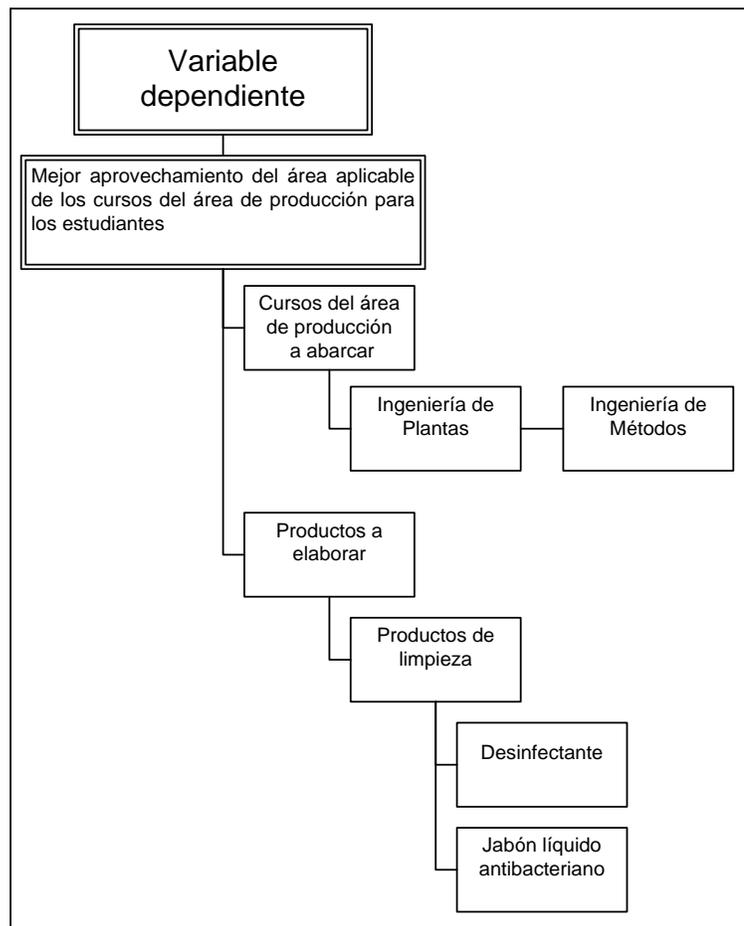


Fuente: elaboración propia.

Como se presenta en la figura 3, para este estudio la variable independiente de la hipótesis la constituye la metodología constructivista, mientras que la variable dependiente la constituye el mejor aprovechamiento del área aplicable de los cursos del área de producción para los estudiantes. Dado al alcance de la investigación, la variable dependiente se delimita a los cursos del área aplicable de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos en función

de la elaboración de productos de limpieza, desinfectante y jabón líquido antibacteriano, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. **Delimitación de la variable dependiente en función al alcance de la investigación**



Fuente: elaboración propia.

Entre los indicadores para la medición de la variable independiente, metodología constructivista, se encuentran en la tabla I los indicadores generales para la medición de dicha variable.

Tabla I. **Indicadores de la variable independiente**

Metodología Constructivista	Indicadores	Fuente de verificación
Conocimientos previos de los estudiantes	Evidencia de los cursos prerequisite aprobados	Listado o constancia de cursos
Interacción estudiante-entorno	Elaboración de los productos en función de los cursos del área de producción a abarcar	Registro de asistencia y productos elaborados
Materiales y herramientas	Materia prima suministrada a estudiantes	Registro de suministros
Condiciones ambientales del área de trabajo	Instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini, segundo nivel, edificio T5 del CII/USAC	Autorización para uso de las instalaciones del laboratorio
Instructor-supervisor	Ingeniero encargado y ayudantes del mismo	Registro de asistencia

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, entre los indicadores para la medición de la variable dependiente, aprovechamiento del área aplicable de los cursos del área de producción, se encuentran las variables cuantitativas en función al tipo de productos a elaborar así como a los cursos del área de producción a abarcar en función de la elaboración de dichos productos.

En la tabla II se presentan los indicadores en función de la elaboración artesanal de desinfectante y jabón líquido: pH, niveles de espuma, diagramas de procesos, calificación del desempeño, Tiempo Normal (TN), Tiempo Estándar (TE) y eficiencia. Cabe resaltar la referencia de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) para las especificaciones del desinfectante basado en amonio cuaternario, COGUANOR NGO 30025, así como el uso de la norma estadounidense 8520-1D y el pH óptimo del metilparaben, agente activo antibacteriano, como referencias para el jabón.

Tabla II. **Indicadores de la variable dependiente delimitada**

Productos a elaborar	Indicadores dependientes
Productos de limpieza: Desinfectante y jabón líquido antibacteriano	pH desinfectante: 6,0 a 10,5 según norma COGUANOR NGO 30025
	pH jabón líquido antibacteriano: 7,0 a 9,0 para un pH óptimo del metilparaben ¹ pH para jabón líquido de manos: hasta 10,2 según norma de referencia 8520-1D
	Niveles de espuma (ml)
Cursos del área de producción	Indicadores dependientes
Ingeniería de Plantas	Diagramas de procesos
Ingeniería de Métodos	Productividad, calificación del desempeño TN (s), TE (s), eficiencia (%)

Fuente: elaboración propia.

¹ Farmacia Droguería San Jorge. Metilparabeno puro. [en línea]: <http://www.drogueriasanjorge.com/quimicos-reempaque/quimicos-polvos/metilparabeno-puro-120-gr.html>. [Consulta: 29 de mayo de 2013]

- Diseño de investigación

El diseño de la investigación es del tipo experimental puesto que cumple con el propósito de determinar relaciones de causa y efecto. Asimismo, entre las técnicas a implementar se encuentra la definición de la muestra de sujetos de prueba, así como la observación de los mismos. Dada la naturaleza del tema propuesto y el tipo de investigación seleccionada, se contempla una muestra de 4 estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial y/o Mecánica Industrial de la USAC que hayan aprobado con anterioridad tanto el curso de Ingeniería de Plantas como el de Ingeniería de Métodos. La tabla III representa tanto la muestra como la población tomadas para este estudio.

Tabla III. **Muestra y población tomadas en junio de 2012**

Muestra y población tomadas en junio de 2012	
$n_j = 4$ estudiantes	La variable n_j corresponde a la muestra tomada al azar de estudiantes de Ingeniería Industrial y/o Mecánica Industrial del curso de vacaciones de junio de 2012 que hayan aprobado con anterioridad el curso de Ingeniería de Plantas y el curso de Ingeniería de Métodos.
$P_j = 354$ estudiantes	La variable P_j corresponde a la población de estudiantes de Ingeniería Industrial y/o Mecánica Industrial del curso de vacaciones de junio de 2012 que hayan aprobado con anterioridad tanto el curso de Ingeniería de Plantas como el de Ingeniería de Métodos. Esta estimación fue proporcionada por el Centro de Cálculo e Investigación Educativa de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Fuente: elaboración propia.

- Experimentación

Esta etapa inicia con la selección y extracción de la muestra de 4 sujetos de prueba que constituyen estudiantes inscritos en las carreras de Ingeniería Industrial y/o Mecánica Industrial que hayan aprobado con anterioridad los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos.

Una vez completada la etapa inicial, se procede a la elaboración artesanal del jabón líquido antibacteriano y del desinfectante por parte de los sujetos de prueba de la muestra, con la supervisión del Ingeniero Industrial Oswin Antonio Melgar Hernández. Esta etapa es crucial puesto que involucra el diseño de los modelos constructivistas en el área aplicable de dichos cursos en función de la elaboración de los productos de limpieza mencionados. Asimismo, se procede a la recolección y codificación de los datos observados en esta etapa. Para efectos comparativos, la muestra de 4 estudiantes se divide equitativamente en dos grupos de estudio, representados en la tabla IV.

Tabla IV. **División de los grupos de estudio de la muestra de junio de 2012**

Muestra n_j	Grupos de estudio
nj= 4 estudiantes	Grupo 1 conformado por 2 estudiantes de la muestra nj.
	Grupo 2 conformado por 2 estudiantes de la muestra nj.

Fuente: elaboración propia.

Los productos elaborados, por cada grupo de estudio en las instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini, se identifican de la siguiente manera: 1 galón de desinfectante denominado M y 1 galón de jabón líquido antibacteriano denominado I elaborados por el grupo 1, así como 1 galón de desinfectante denominado R y 1 galón de jabón líquido antibacteriano denominado O elaborados por el grupo 2. Esta identificación se presenta en la tabla V.

Tabla V. **Productos elaborados por los grupos de estudio en junio de 2012**

Grupos de estudio	Productos de limpieza elaborados	Cantidad
Grupo 1	Desinfectante M	1 gal
	Jabón líquido antibacteriano I	1 gal
Grupo 2	Desinfectante R	1 gal
	Jabón líquido antibacteriano O	1 gal

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que son utilizadas las instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini, ubicado en el segundo nivel del edificio T5 del CII de la USAC, para la elaboración artesanal de estos productos; obteniéndose el aval para la realización de los mismos durante junio de 2012 en dichas instalaciones según el documento de aprobación correspondiente. (Anexo 1).

Una vez elaborados los productos, se requiere de la autorización para ser analizados en el laboratorio LAFIQ, ubicado en el primer nivel del edificio T5 del CII de la USAC, para la realización de análisis correspondientes a la determinación de pH y evaluación de niveles de espuma de cada producto comparándolos con patrones de productos de limpieza comerciales. (Anexo 2).

Asimismo, para proteger la identidad de los productos de limpieza comerciales utilizados como patrones de comparación para estos análisis, se han designado números y literales para la identificación de los mismos.

Los patrones de productos de limpieza comerciales, representados en la tabla VI, se representan de la siguiente manera:

- Para la identificación de los patrones de desinfectantes, se utilizan cuatro patrones de desinfectantes comerciales identificados como patrones 1, 2, 3 y 4.
- Para la identificación de los patrones de jabones líquidos antibacterianos, se utilizan tres patrones comerciales identificados como patrones A, B y C.

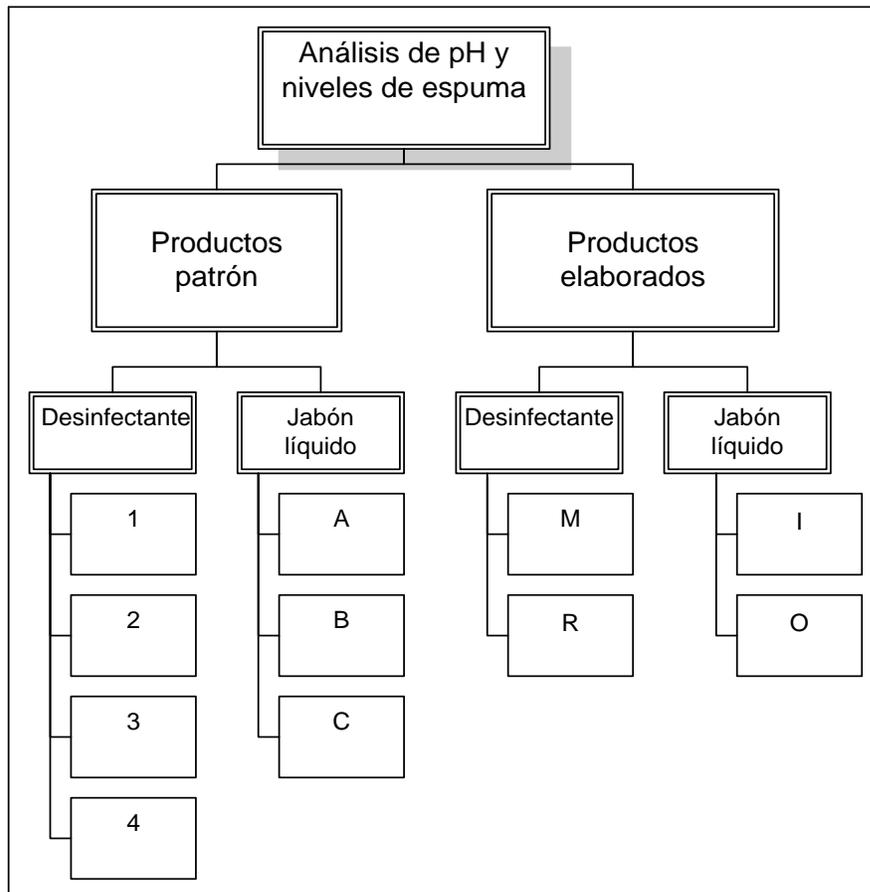
Tabla VI. **Productos patrón para el análisis comparativo con los productos elaborados en junio de 2012**

Productos de limpieza elaborados	Productos patrón
Desinfectante M Desinfectante R	Patrones de desinfectantes 1, 2, 3 y 4.
Jabón líquido antibacteriano I Jabón líquido antibacteriano O	Patrones de jabones líquidos antibacterianos A, B y C

Fuente: elaboración propia.

Por consiguiente, para el análisis comparativo de los desinfectantes elaborados, M y R, se contempla un análisis de pH y niveles de espuma de los mismos comparándolos con el pH y niveles de espuma de los desinfectantes patrones 1, 2, 3 y 4. Asimismo, para el análisis comparativo de los jabones líquidos elaborados, I y O, se contempla un análisis de pH y niveles de espuma de los mismos comparándolos con el pH y niveles de espuma de los jabón líquidos antibacterianos patrones A, B y C. La distribución para el análisis de estos productos se muestra en la figura 5.

Figura 5. **Distribución de los productos a analizar**



Fuente: elaboración propia.

- **Resultados y conclusiones**

En esta etapa se procede al análisis y presentación de los datos observados así como los resultados de los modelos constructivistas diseñados en la etapa de experimentación. Asimismo, se procede a la elaboración de las conclusiones finales del presente trabajo de investigación.

1.2.2. Perfil de los sujetos de prueba

Dada la temática del presente trabajo de investigación, se requiere que los sujetos de prueba de este estudio sean estudiantes inscritos en las carreras de Ingeniería Industrial y/o Mecánica Industrial de la USAC que hayan aprobado con anterioridad los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos; contemplándose una muestra de 4 estudiantes inscritos en cualquiera de las carreras profesionales de la EMI.

1.2.3. Laboratorios a utilizar en el CII

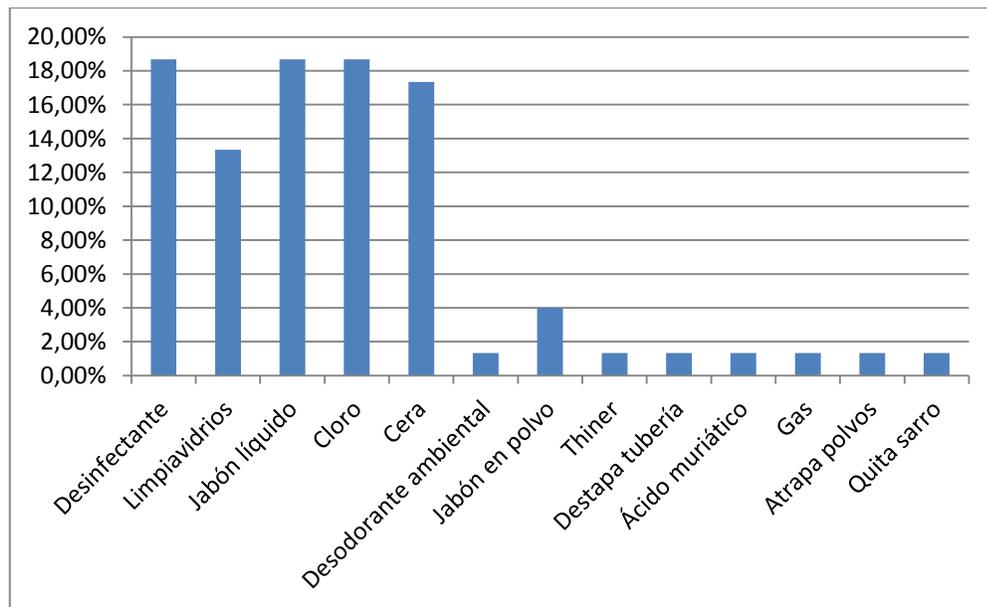
Se contempla la temática experimental, del presente trabajo de investigación, en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini ubicado en el segundo nivel del edificio T5 de este centro de investigaciones. El documento de aprobación para la realización de la temática experimental en dichas instalaciones durante el mes de junio de 2012 se encuentra en el anexo 1. Asimismo, se contempla el análisis de pH y niveles de espuma en las instalaciones de LAFIQ de los productos a analizar según el documento de aprobación ubicado en el anexo 2.

1.2.4. Evaluación del tipo de productos a elaborar

Para el desarrollo de la presente investigación se contempla la producción artesanal de productos de limpieza, en específico producción de jabón líquido antibacteriano y desinfectante elaborados por la muestra representativa de los sujetos de prueba de este estudio dado a la versatilidad, facilidad y el reducido número de componentes químicos y equipo que conlleva la producción de los mismos; siendo estos componentes, en su totalidad, de fácil adquisición.

Asimismo, se han seleccionado el desinfectante y el jabón líquido por estar entre los productos de limpieza con mayor porcentaje de utilización en las distintas unidades académicas de la USAC, según un análisis efectuado en marzo de 2012 por la Sección de Gestión de la Calidad del CII. El porcentaje de utilización de estos productos se muestra en la figura 6.

Figura 6. **Productos de limpieza más utilizados en la USAC, marzo de 2012**

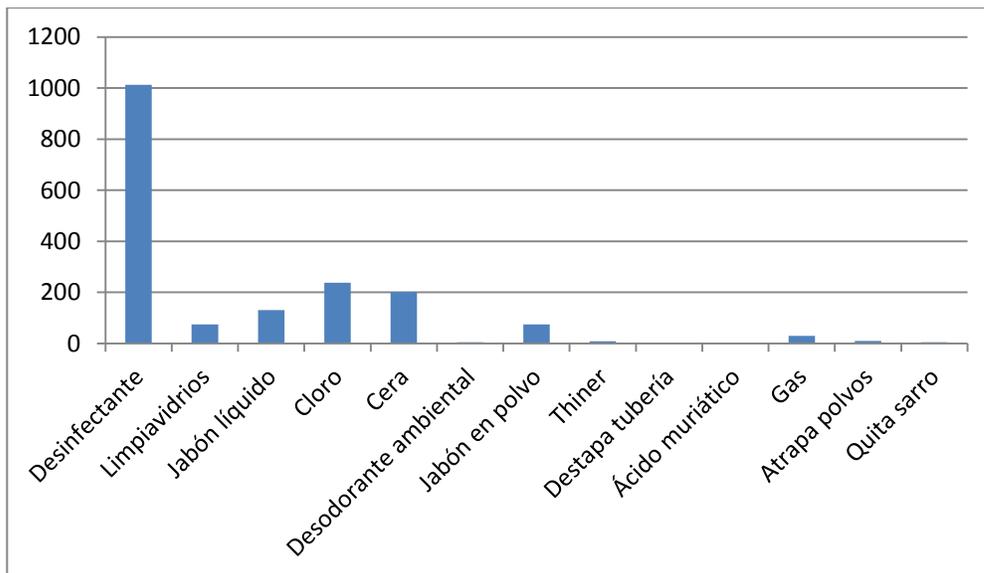


Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 6, el desinfectante, el jabón líquido y el cloro poseen un porcentaje de utilización dentro de la USAC del 18,67 por ciento respectivamente, seguidos de la cera con un 17,34 por ciento, el limpiavidrios con un 13,34 por ciento y el jabón en polvo con un 4 por ciento de utilización. El resto de productos representan únicamente el 1,33 por ciento de utilización en las instalaciones de la USAC.

Dado que el cloro es una solución que requiere tanto de electrólisis, proceso de corriente eléctrica que descompone la salmuera en soda cáustica, hidrógeno y gas cloro, y ser estabilizada en plantas productoras de cloro doméstico con tanques especializados para tales procesos, se ha descartado la producción artesanal del mismo para este estudio.

Figura 7. **Consumo mensual de productos de limpieza en la USAC, marzo de 2012**



Fuente: elaboración propia.

La figura 7 muestra la demanda mensual de los productos de limpieza en las distintas unidades académicas de la USAC. Dicha demanda se conforma de la siguiente manera: 1012 galones de desinfectante, 237 galones de cloro, 201 gal de cera, 130 galones de jabón líquido, 74,5 galones de limpiavidrios, 74 bolsas de 1 kilogramo, 30 galones de gas, 10 galones de atrapa polvos, 8 galones de *thiner*, 3 galones de destapa tubería, 5 galones de desodorante ambiental, 5 galones de quita sarro y 1 galón de ácido muriático.

2. INTRODUCCIÓN A LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA EN EL CII

2.1. Productos de limpieza a elaborar

Entre los productos de limpieza a elaborar para el presente trabajo de investigación se encuentran el desinfectante y el jabón líquido antibacteriano. Éstos, al igual que el resto de productos de limpieza, contribuyen en las tareas de limpieza, higiene y desinfección básicas tanto en la limpieza del área doméstica como en la del área profesional industrial; contribuyendo a satisfacer las necesidades básicas de limpieza en dichas áreas.

2.1.1. Desinfectante

Se denomina desinfectante a toda aquella sustancia que elimina o inactiva agentes patógenos y entidades biológicas que pueden infectar el organismo de un ser vivo, inhibiendo el crecimiento y neutralizando la actividad de los microorganismos patógenos que se encuentren en objetos inertes sin dañar la salud y calidad de estos bienes perecederos.

2.1.1.1. Materiales y equipo

Se presentan los materiales de laboratorio, reactivos y equipo de protección para un grupo de estudio conformado por dos sujetos de prueba. Dentro de este contexto, los materiales, equipo y reactivos para el grupo de estudio restante son iguales a los proporcionados para este grupo.

Los materiales y equipo proporcionados a los grupos de estudio abarcan los materiales e instrumentos de laboratorio, los reactivos para producir 1 galón del producto y el equipo de protección individual. Estos materiales y equipo son suministrados a los grupos de prueba por la Sección de Gestión de Calidad del CII.

- Materiales de laboratorio
 - Documento de referencia para la elaboración de desinfectante
 - *Beaker* de polipropileno de 1000 mililitros
 - *Beaker* de polipropileno de 100 mililitros
 - Probeta de polipropileno de 100 mililitros
 - Pipeta serológica de 5 mililitros
 - Perilla plástica de succión
 - Agitador de vidrio
 - Paleta grande de madera
 - Embudo grande de plástico
 - Colador grande de plástico
 - Secador de toalla o papel mayordomo
 - Cubeta de plástico de 1 galón o más de capacidad
 - Envase plástico vacío de 1 galón de capacidad con tapón

- Reactivos para 1 galón de desinfectante

Los reactivos a utilizar para la elaboración de 1 galón de desinfectante se obtienen de la formulación empleada en la Sección de Gestión de Calidad del CII, la cual contempla el uso de nonilfenol, alcohol isopropílico, amonio cuaternario, propilenglicol, colorante vegetal, fragancia y agua en las respectivas dosis contempladas en la tabla VII.

Tabla VII. **Reactivos para 1 galón de desinfectante**

Materia prima	Galón	Cantidad Medida
Nonilfenol	25 ml	
Alcohol isopropílico	10 ml	
Amonio cuaternario	4 ml	
Propilenglicol	12 ml	
Color vegetal	20 ml puros	Ajustar con agua hasta 100 ml
Aroma	25 ml	
Agua		Ajustar el galón

Fuente: documento Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC. (Anexo 3).

- Equipo de protección
 - Bata de laboratorio
 - Guantes de laboratorio
 - Gafas protectoras
 - Calzado apropiado para laboratorio

2.1.1.2. Formulación y procedimientos

Al disponer de los materiales, reactivos y del equipo de protección descritos en el inciso anterior, el sujeto de prueba destinado a la elaboración del producto de limpieza procede a seguir el procedimiento proporcionado por la Sección de Gestión de Calidad del CII para la elaboración del desinfectante. El procedimiento proporcionado para la elaboración de desinfectante se detalla en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Proceso para la elaboración de desinfectante**

Descripción del proceso	Responsable
1. El nonilfenol es depositado en el recipiente de preparación.	
2. Al recipiente anterior se incorpora el alcohol isopropílico.	
3. La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.	
4. El amonio cuaternario es depositado en el recipiente de preparación.	
5. La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.	
6. El propilenglicol y aroma son agregados en un recipiente diferente.	
7. Esta mezcla también debe ser agitada mediante una varilla de agitación.	
8. La mezcla anterior se añade al recipiente de preparación.	
9. Las dos mezclas son agitadas mediante la paleta de madera.	
10. Se añade el agua medida al recipiente de preparación.	
11. Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.	
12. Se añade el colorante vegetal.	
13. Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.	
14. La mezcla final se agrega al recipiente del producto final, utilizando un colador y embudo como control de calidad. Se debe tener cuidado de introducir el desinfectante lentamente, para no producir gran cantidad de espuma.	
15. Se coloca la tapadera y etiqueta del producto final.	

Fuente: documento Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC. (Anexo 4).

2.1.2. Jabón líquido antibacteriano

El jabón líquido antibacteriano es un producto de higiene personal que resulta de la saponificación, reacción química entre una base o alcalino y entre un ácido graso; la consistencia de un jabón líquido puede ser viscosa o fluida.

Este jabón, al igual que los jabones en forma sólida, es utilizado para la limpieza de manos, cuerpo y rostro dado que posee funciones similares en cuanto a la solubilidad en agua, la generación de espuma y la remoción de partículas patógenas.

2.1.2.1. Materiales y equipo

Se presentan los materiales de laboratorio, reactivos y equipo de protección para un grupo de estudio conformado por dos sujetos de prueba. Dentro de este contexto, los materiales, equipo y reactivos para el grupo de estudio restante son iguales a los proporcionados para este grupo.

- Materiales de laboratorio
 - Documento de referencia para la elaboración de jabón líquido antibacteriano
 - *Beaker* de polipropileno de 1000 mililitros
 - *Beaker* de polipropileno de 100 mililitros
 - Probeta de polipropileno de 100 mililitros
 - Pipeta serológica de 5 mililitros
 - Perilla plástica de succión
 - Balanza analítica
 - Agitador de vidrio
 - Paleta grande de madera
 - Embudo grande de plástico
 - Colador grande de plástico
 - Secador de toalla o papel mayordomo
 - Cubeta de plástico de 1 galón o más de capacidad
 - Envase plástico vacío de 1 galón de capacidad con tapón

- Reactivos para 1 galón de jabón líquido antibacteriano

Los reactivos a utilizar para la elaboración de 1 galón de jabón líquido antibacteriano se obtienen de la formulación empleada en la Sección de Gestión de Calidad del CII, la cual contempla el uso de texapon, cloruro de sodio, metilparaben, glicerina, agua, fragancia y colorante vegetal en las respectivas dosis contempladas en la tabla IX.

Tabla IX. **Reactivos para 1 gal de jabón líquido antibacteriano**

JABÓN PARA MANOS	GALÓN
Texapon	333 g
Cloruro de sodio	300 g
Metilparaben	2 g
Glicerina	20 ml
Agua	Ajustar a 3785 ml (galón)
Fragancia	14 ml
Colorante vegetal	20 ml puros diluidos en 80 ml de agua

Fuente: documento Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC. (Anexo 5).

- Equipo de protección
 - Bata de laboratorio
 - Guantes de laboratorio
 - Gafas protectoras
 - Calzado apropiado para laboratorio

2.1.2.2. Formulación y procedimientos

De igual forma, el sujeto de prueba destinado a la elaboración del jabón líquido procede a seguir el procedimiento proporcionado por la Sección de Gestión de Calidad, el cual se detalla en la tabla X.

Tabla X. **Proceso para la elaboración de jabón líquido antibacteriano**

Descripción de la operación	Realizado
1. En una balanza analítica se realizan todas las mediciones, individualmente, de cloruro de sodio y metilparaben.	
2. En el recipiente de preparación se agrega la cantidad de texapon y mezclar.	
3. Se adiciona el cloruro de sodio; mezclándolos con una paleta de madera	
4. A la mezcla anterior se agrega lentamente una pequeña cantidad de agua mientras se agita con la paleta de mezclado para homogenizar.	
5. En el beaker de 100 ml se agrega el metil parabén con un poco de agua mezclando con el agitador de vidrio.	
6. En la probeta de polipropileno se mide la cantidad especificada de glicerina.	
7. Se adiciona la cantidad especificada de glicerina en el recipiente de preparación, y se continúa agitando la mezcla.	
8. En el beaker de 100 ml se agrega la cantidad indicada de aroma, se agrega a la mezcla y se combinan mediante agitación.	
9. Se sigue agregando agua poco a poco, mezclando uniformemente hasta homogeneizar. Así se prosigue hasta alcanzar el nivel deseado.	
10. Se agrega la cantidad específica de colorante vegetal hasta obtener un color uniforme con la mezcla.	
11. La mezcla obtenida es agregada al envase de galón (cubeta) utilizando el embudo y el colador como control de calidad. El resultado será un ligero enturbiamiento del preparado.	
12. El envase lleno con la mezcla de jabón para manos debe secarse del exceso de humedad, con el secador de toalla.	
13. Se procede a colocar la tapa del envase.	
14. Se procede a etiquetar el envase, el cual ya está listo para su posterior utilización.	

Fuente: documento Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC. (Anexo 6).

2.2. Normas y equipo de seguridad

Las normas de laboratorio y equipo de protección que se contemplan para la elaboración de productos de limpieza como desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos, son fundamentales para la etapa experimental de este estudio dado que involucra la manipulación de reactivos químicos e instrumentos para la elaboración de estos productos. Cabe señalar el trabajo de graduación de enero de 2010 del ingeniero industrial Walter García, Actualización del protocolo de seguridad, en los laboratorios de Ingeniería Química de la USAC, de acuerdo a normativos dictados por la sociedad americana de química, como referencia de las normativas de seguridad existentes para el uso de estas instalaciones.

2.2.1. Normas de laboratorio

Las normativas de laboratorio, para el proceso de fabricación de productos de limpieza, son esenciales para contribuir a la protección de los individuos así como preservar la seguridad del ambiente de trabajo dentro de los laboratorios del CII. Esta normativa abarca las normas básicas de seguridad personal y las normas para el manejo de sustancias.

2.2.1.1. Normas básicas de seguridad personal

Entre las normas básicas de seguridad personal dentro de las instalaciones de todo laboratorio se incluyen las normas para el ingreso al laboratorio así como las normas para el uso del área de trabajo e instalaciones del laboratorio. Esta normativa se subdivide en normas para el ingreso al laboratorio, normas para el uso del área de trabajo e instalaciones del laboratorio y normas durante el manejo de sustancias.

- Normas para el ingreso al laboratorio
 - Se debe utilizar siempre el equipo de protección individual que consiste en el uso de bata de manga larga, guantes, gafas protectoras, pantalón largo y calzado cerrado.
 - Si el estudiante ingresa artículos ajenos al laboratorio únicamente se permite el ingreso de instrumentos de medición y apunte tales como calculadora, hojas, cuadernos, lápiz, lapiceros, cronómetros y/o dispositivos para medición de tiempos, etc.
 - No se permite el ingreso de mochilas, bebidas, comidas, cigarrillos, etc.
 - Si el individuo tiene alguna herida visible, deberá taparla.
 - No se permite el uso de accesorios personales como gorras, bufandas, anillos, collares, pulseras, colgantes, etc.
 - Si el individuo tiene el cabello largo, lo deberá llevar recogido dentro de las instalaciones del laboratorio.
 - Apagar o contestar fuera del laboratorio dispositivos telefónicos.
- Normas para el uso del área de trabajo e instalaciones del laboratorio
 - Cada grupo de estudio se responsabiliza de su zona de trabajo y de su material.

- Dentro de las instalaciones del laboratorio no se puede fumar, ni ingerir bebidas o comidas.
- No se permite tomar productos químicos sin la autorización del instructor.
- Mantener el área de trabajo e instalaciones del laboratorio siempre en condiciones de orden y limpieza.
- No depositar sobre las mesas de laboratorio o sobre el suelo objetos que puedan entorpecer el trabajo.
- Disponer sobre la mesa solamente los documentos que sean necesarios.
- Limpiar el área de trabajo, así como los instrumentos y utensilios después de utilizarlos.

2.2.1.2. Normas para el manejo de sustancias

Entre las normas básicas para el manejo de sustancias dentro de las instalaciones del laboratorio dado al tipo de productos a elaborar, se deberán acatar las siguientes normas para el manejo de reactivos:

- Normas previas al manejo de sustancias
 - Siempre utilizar guantes para manipular los reactivos químicos así como para la limpieza de los materiales de laboratorio utilizados.

- Los instrumentos de medición tales como: los *beakers* de polipropileno de 100 mililitros y de 1 000 mililitros, al igual que la probeta de polipropileno de 100 mililitros y la pipeta serológica de 5 mililitros, se lavarán manualmente con agua antes y después de utilizarlos en cada reactivo que se utilice. Siempre utilizar guantes para la limpieza de los mismos.
- Normas durante el manejo de sustancias
 - Para poder utilizar la pipeta serológica de 5 mililitros se deberá primero colocar en su extremo superior una perilla plástica de succión previamente desinflada, presionando la letra A y el cuerpo de la misma, procurando no introducirla demasiado dentro de la pipeta. Con la perilla plástica se realiza la succión, presionando la letra S, y la evacuación del reactivo, presionando la letra E, hasta la medición deseada en la pipeta y nunca sobrepasando los 5 mililitros.
 - Nunca verter agua u otro reactivo dentro o fuera de la perilla plástica de succión. Esta perilla únicamente requiere limpieza con un paño seco en su superficie.
 - Al desenroscar el tapón de los reactivos, recordar remover el dispositivo transparente de seguridad en la apertura de los mismos. Luego de utilizarlos, volver a colocar tanto el dispositivo transparente de seguridad así como el tapón para evitar derramarlos sobre la mesa de trabajo. Asimismo, al verter un reactivo siempre hacerlo de lado para tener un mayor rango de visión y control de la medida al momento de verterlo.

- Para la medición de reactivos cuyas cantidades sean menores o iguales a 5 mililitros, el reactivo se debe verter primero en un *beaker* de polipropileno limpio de 100 mililitros para luego el contenido dentro del *beaker* ser succionado con una perilla plástica y una pipeta serológica limpia de 5 mililitros en la cual se realizará la medición del reactivo.
- Para la medición de reactivos cuyas cantidades sean mayores a 5 ml y menores o iguales a 100 mililitros, el reactivo se debe verter primero en un *beaker* de polipropileno limpio de 100 mililitros para luego verter el contenido de este *beaker* en una probeta de polipropileno limpia de 100 mililitros en la cual se realizará la medición del reactivo.
- Para la medición del reactivo cuya cantidad sea mayor a 100 mililitros y menor a 1 000 mililitros, el reactivo se debe verter primero en un *beaker* de polipropileno limpio de 100 mililitros para luego verter el contenido de este *beaker* en una probeta de polipropileno limpia de 100 mililitros la cual se reutilizará para la medición restante del reactivo en cuestión.
- Manipular con especial cuidado el material frágil como los instrumentos y utensilios de vidrio tales como la pipeta serológica de 5 mililitros.
- No devolver los sobrantes a los frascos de origen sin obtener autorización del instructor. De ser autorizados, se devuelve el sobrante desde el *beaker* de 100 mililitros o 1 000 mililitros, según haya correspondido el caso de la medición.

- Al verter productos químicos de desecho o cualquier remanente de éstos por el alcantarillado, es elemental que inmediatamente se circule abundante agua por el mismo.
- Si se vierte accidentalmente algún producto químico sobre el individuo, lavar inmediatamente la zona afectada con abundante agua y avisar al instructor.
- Si se esparce accidentalmente alguna sustancia sobre la mesa de trabajo, limpiarla con agua y secarla con un paño.

2.2.2. Equipo de protección

El equipo de protección establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la protección individual en el área de trabajo. El equipo de seguridad necesario para la etapa experimental de este estudio implica el uso de bata de laboratorio, guantes de laboratorio, gafas protectoras y calzado apropiado para laboratorio.

2.2.2.1. Bata de laboratorio

La bata de laboratorio es un equipo de protección diseñado para proteger la piel y la ropa de posibles proyecciones de sustancias químicas. Asimismo, para el uso de la bata de laboratorio se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Debe ser preferentemente de algodón
- La bata debe cubrir hasta las rodillas del usuario
- Debe poseer mangas largas que cubran las extremidades superiores

- Debe llevarse puesta en todo momento dentro del laboratorio
- La bata debe utilizarse siempre cerrada

La figura 8 muestra la bata de laboratorio adecuada para la elaboración artesanal de los productos de limpieza.

Figura 8. **Bata de laboratorio de manga larga**



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

2.2.2.2. Guantes de laboratorio

Los guantes de laboratorio son esenciales para impedir el contacto y penetración de sustancias patógenas, corrosivas o irritantes a través de la piel de las manos del individuo. La figura 9 muestra los guantes plásticos apropiados para su utilización en laboratorios.

Figura 9. **Guantes de laboratorio desechables**



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

Asimismo, para el uso de estos guantes se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Tener las manos limpias antes de colocarse los guantes
- Retirar todo tipo de joyas como anillos, pulseras, relojes, etcétera
- Comprobar que el interior del guante esté limpio
- Verificar que no presenten desperfectos como laceraciones
- Una vez retirados los guantes es conveniente lavarse las manos
- Al desechar los guantes, quitarlos desde el extremo libre de los mismos

2.2.2.3. Gafas protectoras

Las gafas protectoras son anteojos diseñados para proteger los ojos del individuo de la entrada de objetos, agua o sustancias químicas que puedan hacerle daño al individuo si hay contacto con sus ojos. La figura 10 muestra las gafas protectoras apropiadas para su uso en el laboratorio.

Figura 10. **Gafas protectoras adecuadas**



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

2.2.2.4. Calzado apropiado para laboratorio

El calzado apropiado para laboratorio lo consiste todo zapato completamente cerrado tipo tenis, mocasines o cualquier zapato cerrado que proteja principalmente el empeine del pie de posibles salpicaduras y/o derrames de reactivos y demás sustancias. La figura 11 muestra dicho calzado.

Figura 11. **Calzado cerrado para laboratorio**



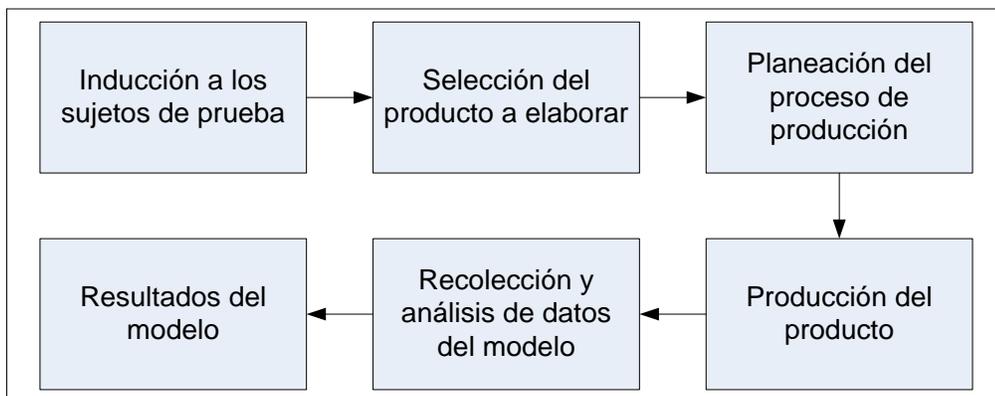
Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

3. DISEÑO DE MODELOS CONSTRUCTIVISTAS EN EL CII

3.1. Modelo constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Plantas

El diseño de un modelo según la metodología constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Plantas, en el CII, se ha formulado en función de la elaboración artesanal de productos de limpieza, siendo éstos desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos en presentaciones de 1 galón respectivamente. Para el diseño de este modelo, se cuenta con la realización de seis fases como se muestran en la figura 12.

Figura 12. Fases para el modelo en el área aplicable al curso de Ingeniería de Plantas



Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Inducción a los sujetos de prueba

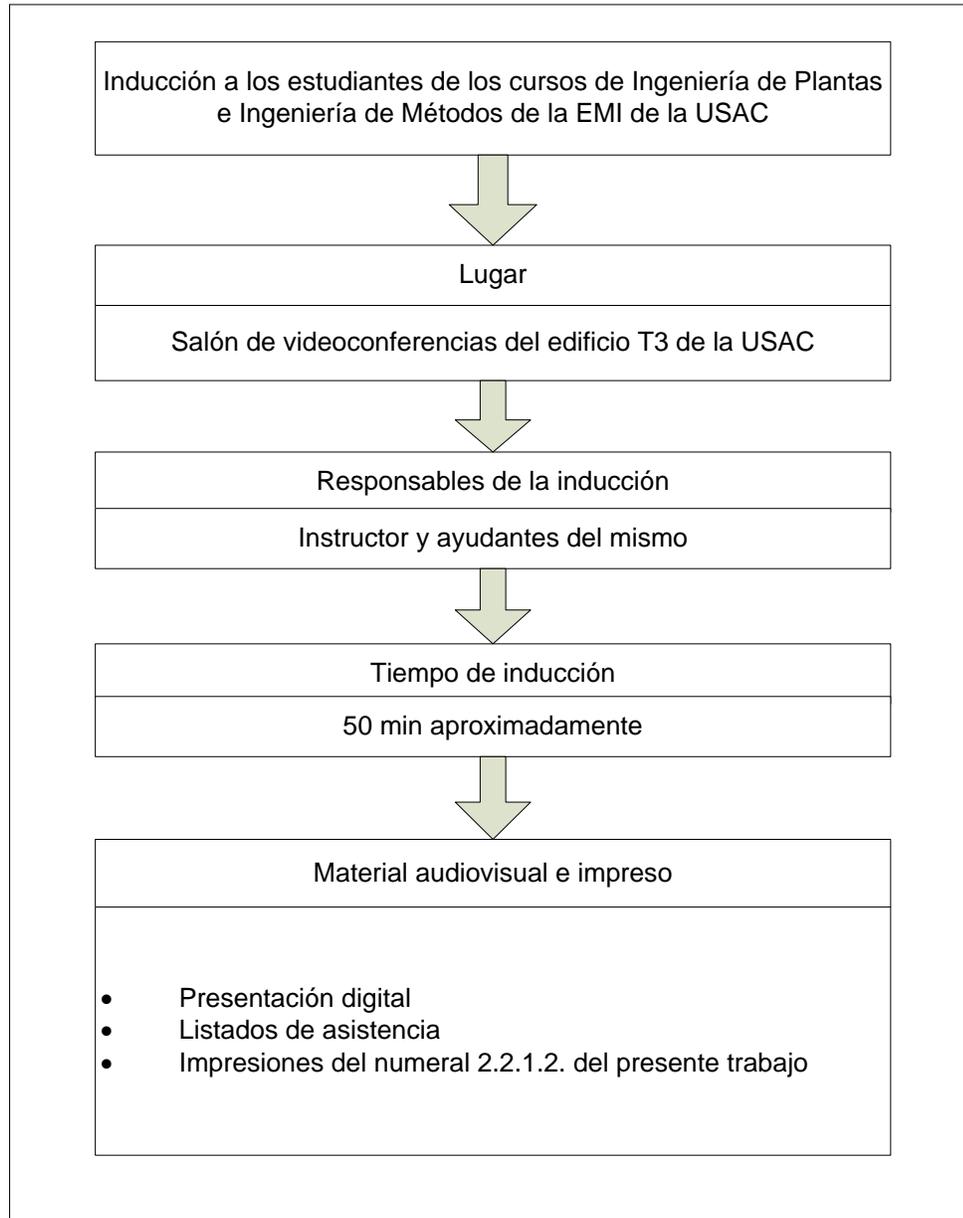
La inducción a los sujetos de prueba está directamente relacionada al tipo de productos a elaborar por lo que se presenta una inducción con base en la normativa del subcapítulo 2.2., normas y equipo de seguridad, a los sujetos en lo referente al uso de equipo de protección, uso adecuado de herramientas e instrumentos de medición para el manejo de los reactivos en la elaboración de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini ubicado en el segundo nivel del edificio T5 del CII.

La inducción para los estudiantes de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos, de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial de la USAC, se contempla ser impartida en un tiempo estimado de 50 minutos, en el salón de videoconferencias del edificio T3 por el instructor, el Ingeniero Industrial Oswin Melgar, y los ayudantes del mismo.

Para la inducción se cuenta con material inductivo audiovisual e impreso, siendo éstos una presentación digital, listados de asistencia para los estudiantes de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos, así como las impresiones del numeral 2.2.1.2., normas para el manejo de sustancias, material que los estudiantes deben familiarizarse y presentar al ingreso del laboratorio para la elaboración artesanal de desinfectante para los estudiantes de Ingeniería de Plantas y jabón líquido antibacteriano para los estudiantes de Ingeniería de Métodos.

En la figura 13 se presenta un cuadro informativo con la anterior información para la inducción a estos estudiantes.

Figura 13. **Cuadro informativo para la inducción de estudiantes**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Selección del producto de limpieza a elaborar

El producto de limpieza a elaborar lo conforman productos de limpieza delimitándose a la elaboración artesanal de desinfectante y jabón líquido antibacteriano en presentaciones de 1 galón respectivamente. Los reactivos, el equipo de protección, los materiales, las herramientas e instrumentos de medición así como la formulación y procedimientos para la elaboración de estos productos fueron otorgados por la Sección de Gestión de la Calidad del CII.

Cabe resaltar que se han seleccionado el desinfectante y jabón líquido antibacteriano puesto que son los productos con mayor porcentaje de utilización en las distintas unidades académicas de la USAC, como se ha presentado en la figura 6.

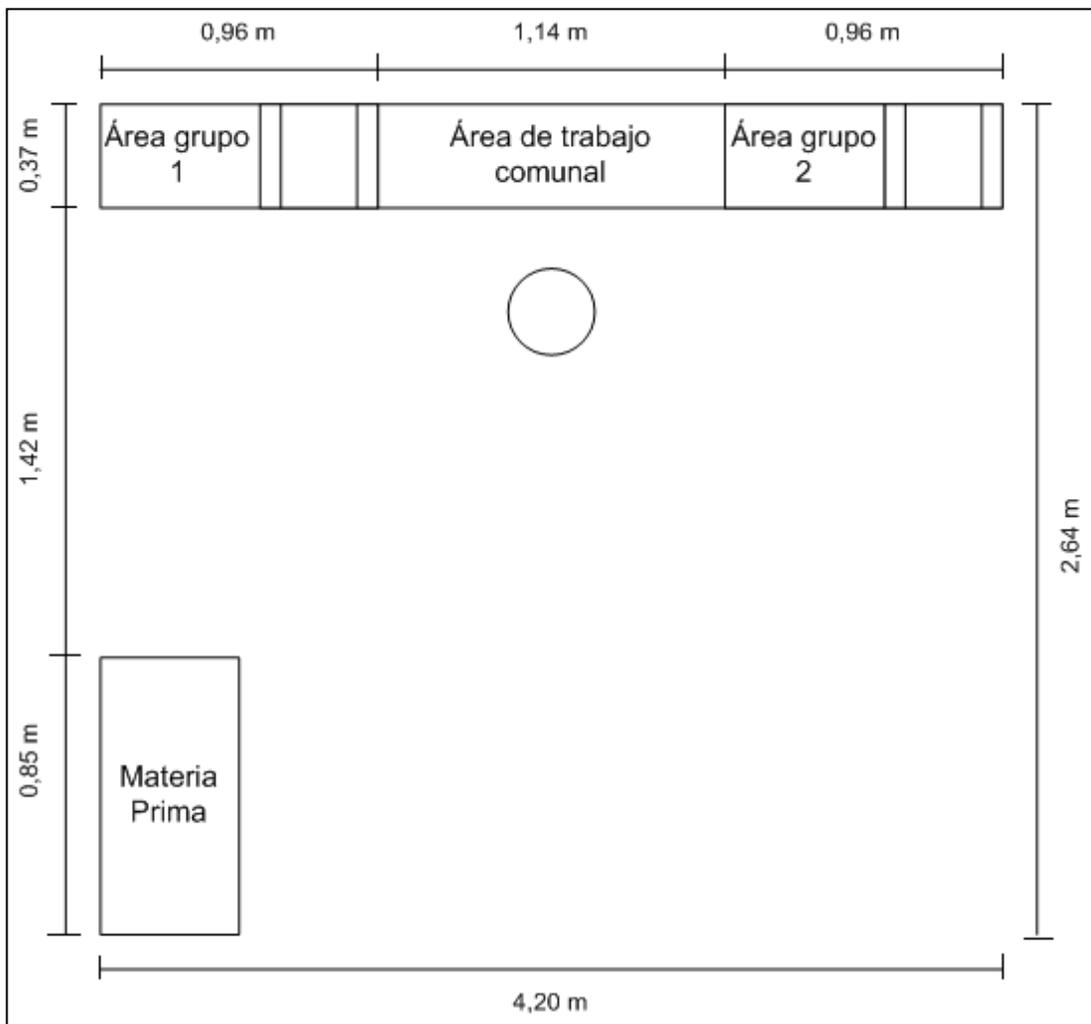
3.1.3. Planeación del proceso de producción

En el proceso de producción, dentro de las instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini, es utilizada un área de trabajo aproximada de 8,08 metros cuadrados que incluye dos lavaderos en funcionamiento con sus respectivas áreas de trabajo, así como la ubicación de la materia prima para la elaboración de cada producto.

Dado que el laboratorio tiene en funcionamiento dos lavaderos, se sugiere el ingreso de dos grupos de estudiantes cada vez que se elaboren los productos. Los detalles para la planeación de la producción artesanal de desinfectante para el curso de Ingeniería de Plantas se muestran en las páginas 151 y 152; la planeación de la producción artesanal de jabón líquido antibacteriano para el curso de Ingeniería de Métodos se detalla en las páginas 161 y 162.

En la figura 14 se presenta la distribución del área de trabajo utilizada dentro de las instalaciones del laboratorio.

Figura 14. **Distribución del área de trabajo dentro del laboratorio**



Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Producción del producto

En lo referente a la producción del producto, se abarcan los diagramas de procesos de los galones de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos realizados por los sujetos de prueba. Asimismo, se presentan los análisis de pH y de niveles de espuma realizados a dichos productos así como a los productos patrón.

En la figura 15 se observan los galones de desinfectantes elaborados por los sujetos de prueba. El desinfectante M corresponde al elaborado por el grupo 1 de los sujetos de prueba y el desinfectante R corresponde al elaborado por el grupo 2 de los sujetos de prueba.

Figura 15. **Desinfectantes M y R**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

Ambos galones de desinfectantes fueron elaborados en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini ubicado en el segundo nivel del edificio T5 del CII. Asimismo, para los respectivos análisis de pH y evaluación de niveles de espuma fueron llevados a las instalaciones de LAFIQ ubicado en el primer nivel del edificio T5 de este centro de investigaciones.

En la figura 16 se observan los galones de jabones líquidos antibacterianos elaborados por los sujetos de prueba. El jabón líquido antibacteriano I corresponde al elaborado por el grupo 1 de los sujetos de prueba y el jabón líquido antibacteriano O corresponde al elaborado por el grupo 2 de los sujetos de prueba.

Figura 16. **Jabones líquidos antibacterianos I y O**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

Ambos galones de jabones líquidos antibacterianos fueron elaborados en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini y, al igual que los desinfectantes, fueron llevados a las instalaciones de LAFIQ para los respectivos análisis de pH y evaluación de niveles de espuma.

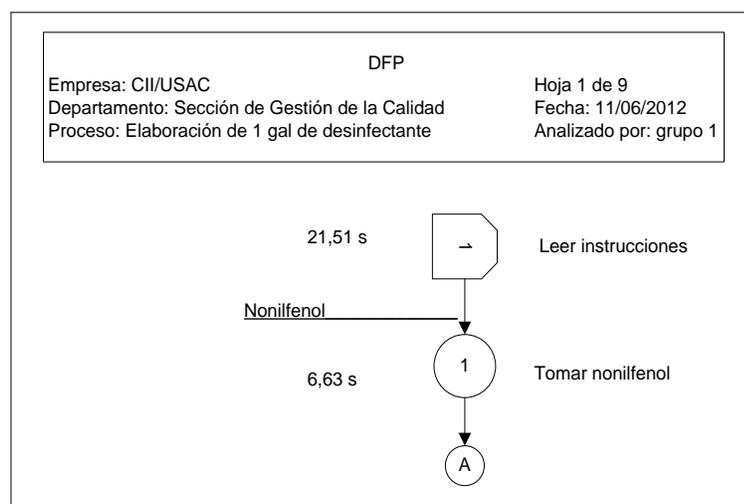
3.1.4.1. Determinación de diagramas de procesos

En la determinación de los diagramas de procesos se encuentra la elaboración del Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) del desinfectante y jabón líquido antibacteriano elaborados por los grupos 1 y 2.

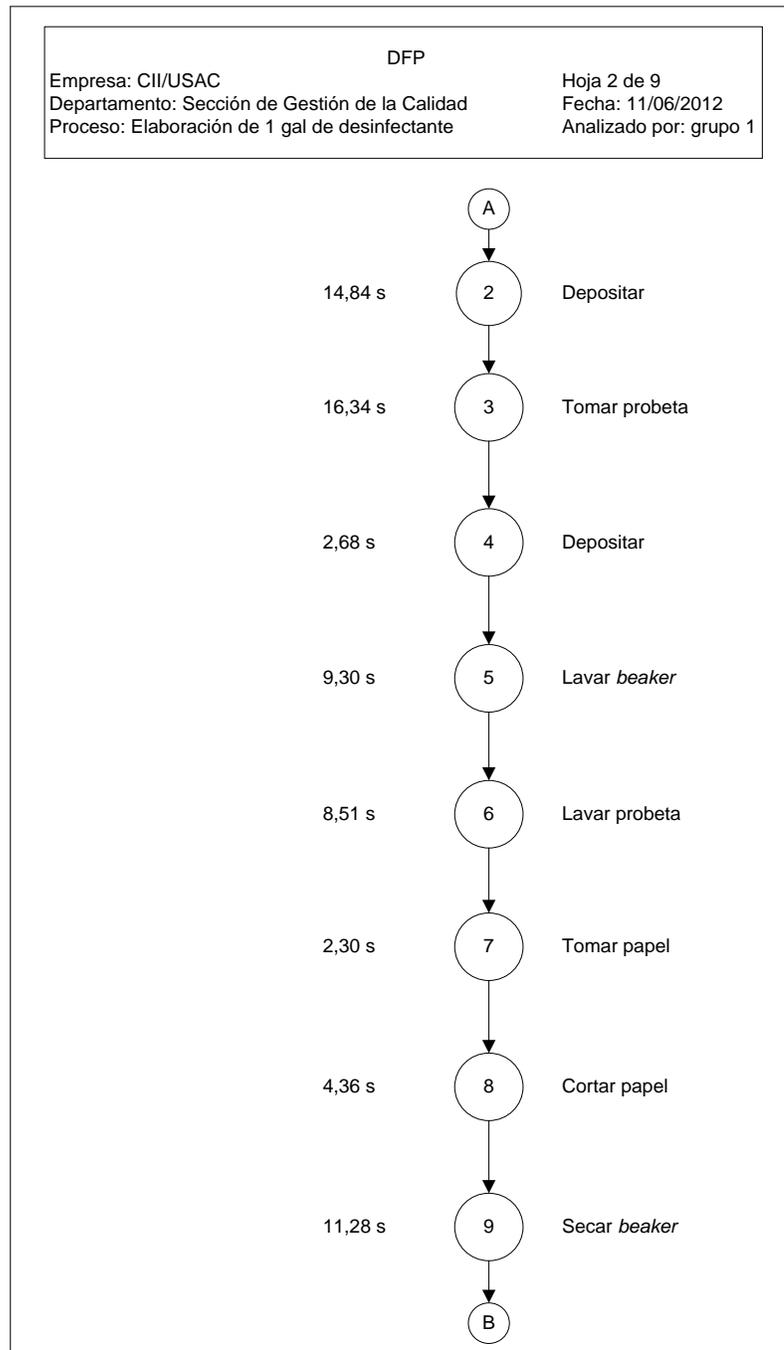
- DFP desinfectante M

El DFP del desinfectante M elaborado por el grupo 1 se presenta en la figura 17.

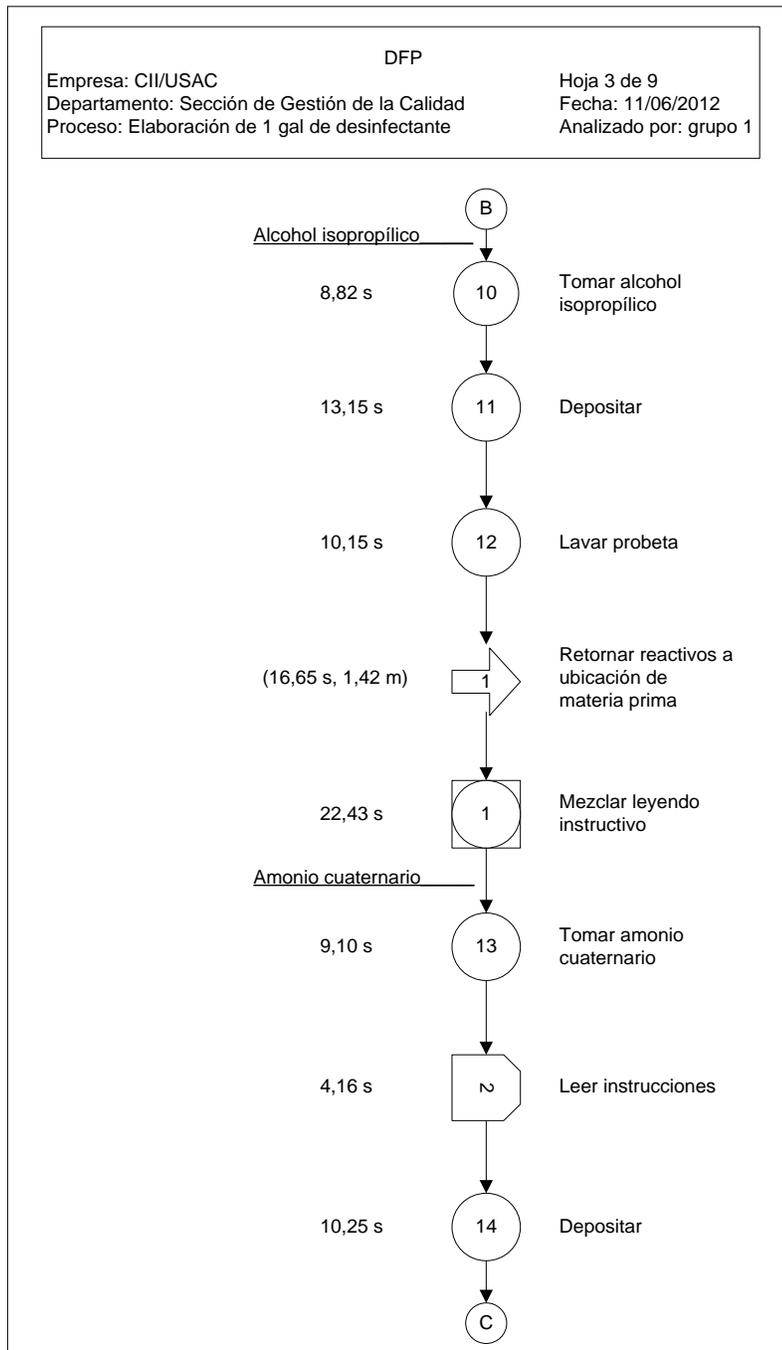
Figura 17. DFP 1 galón de desinfectante M



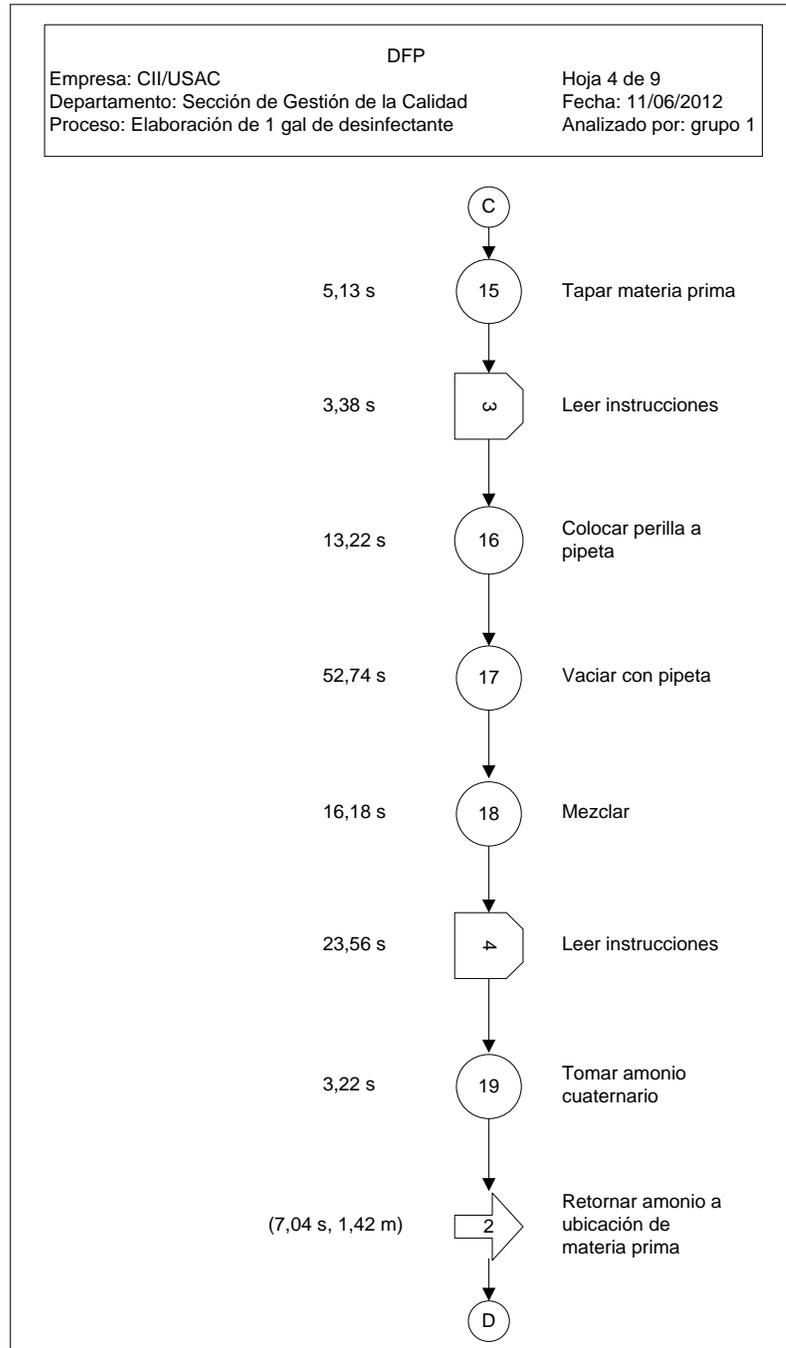
Continuación de la figura 17.



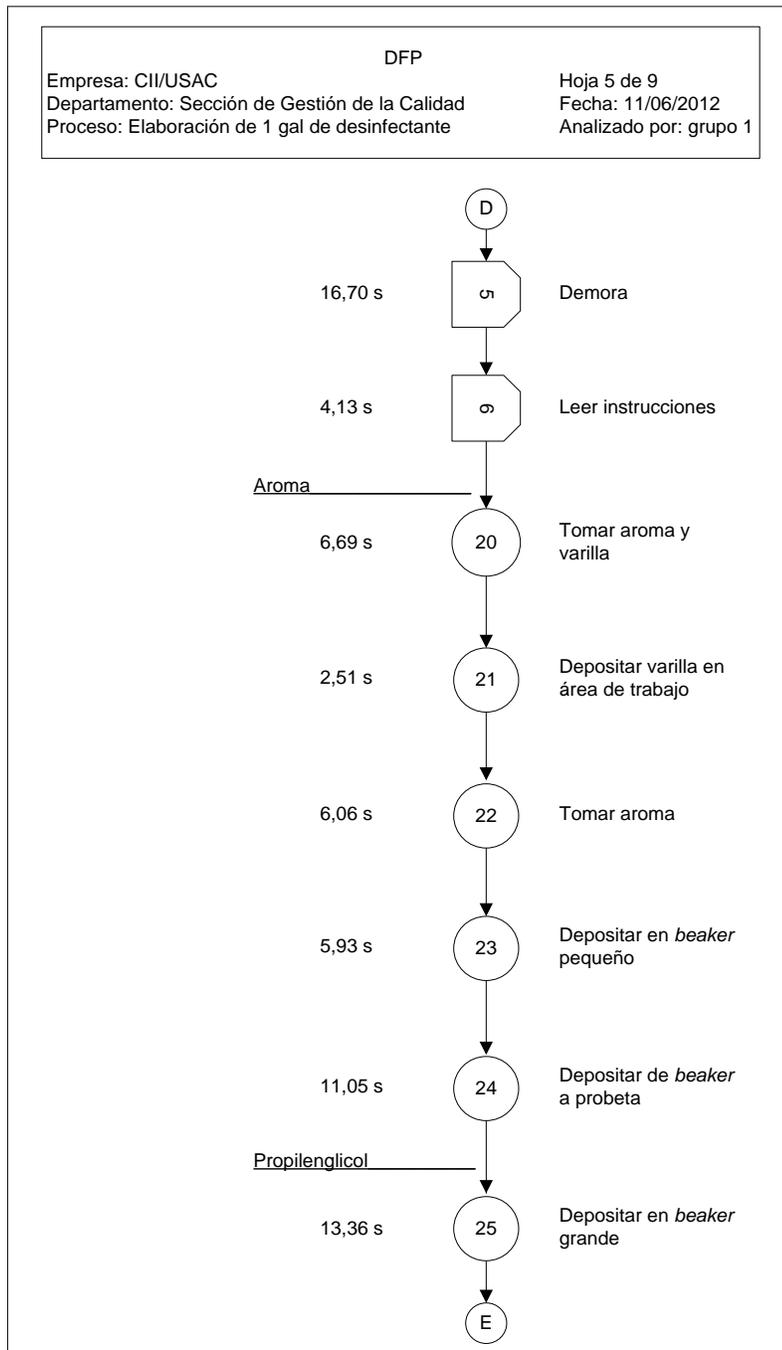
Continuación de la figura 17.



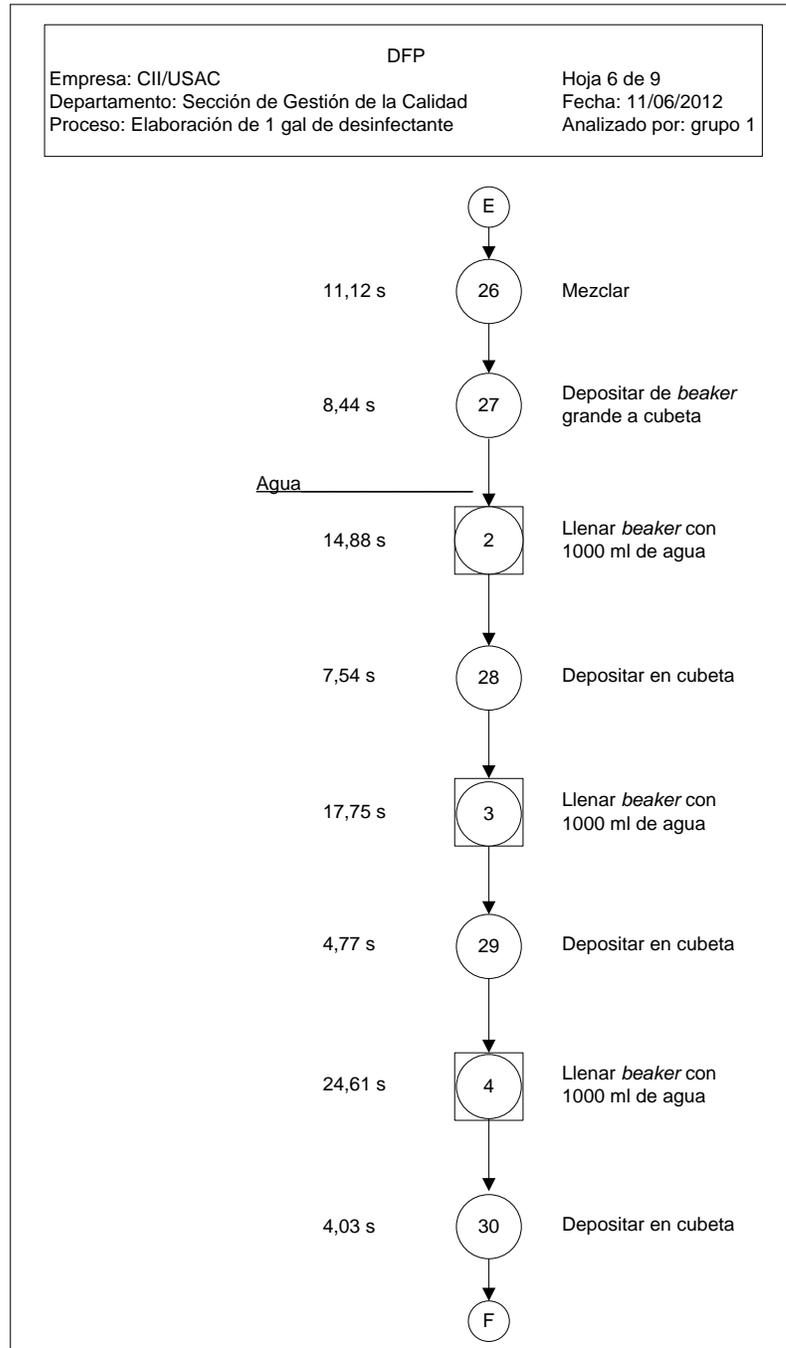
Continuación de la figura 17.



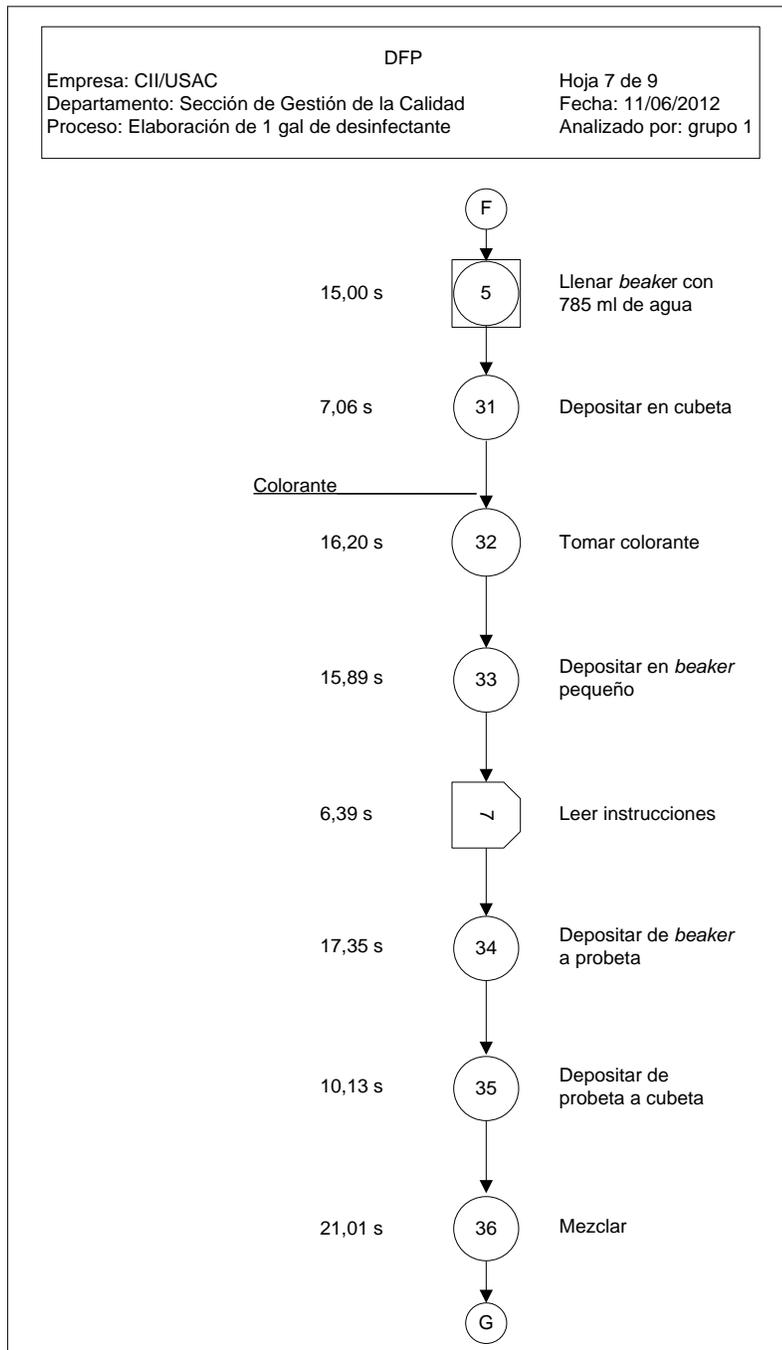
Continuación de la figura 17.



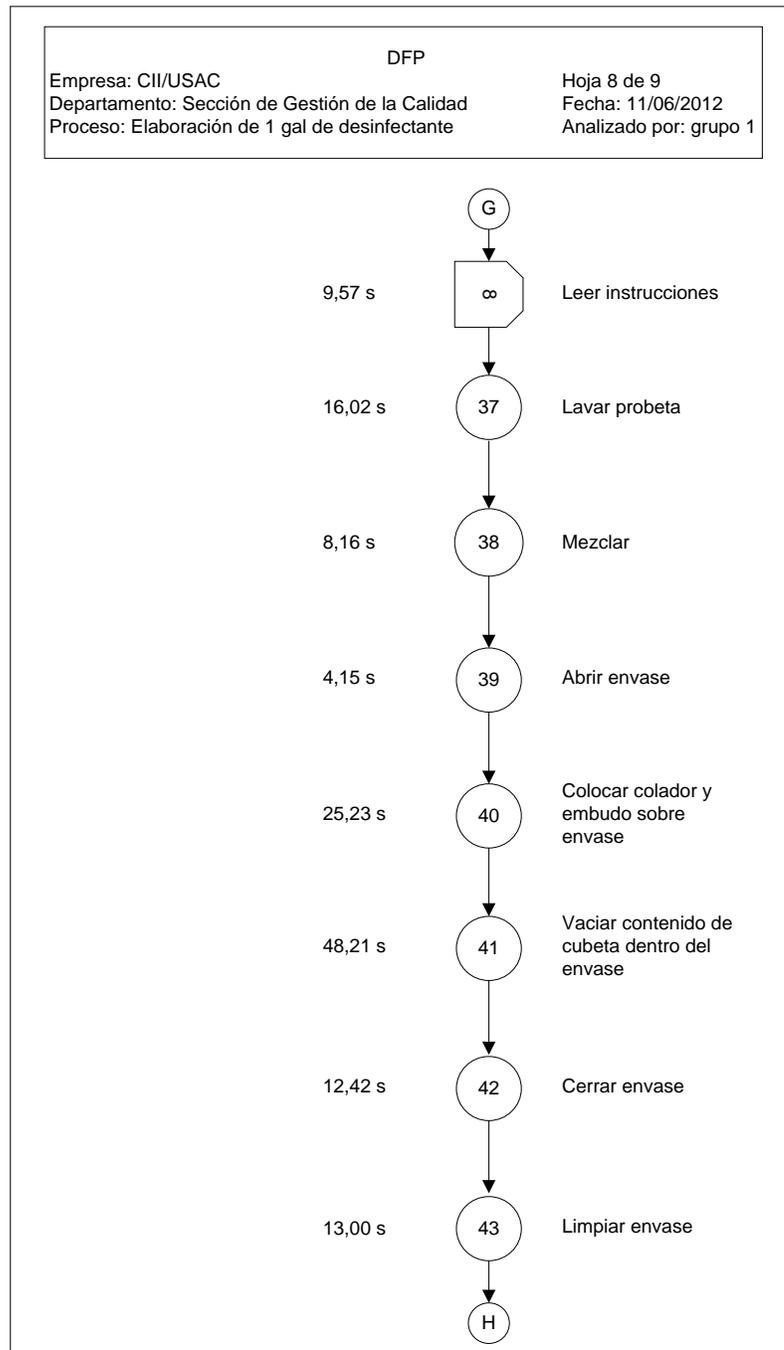
Continuación de la figura 17.



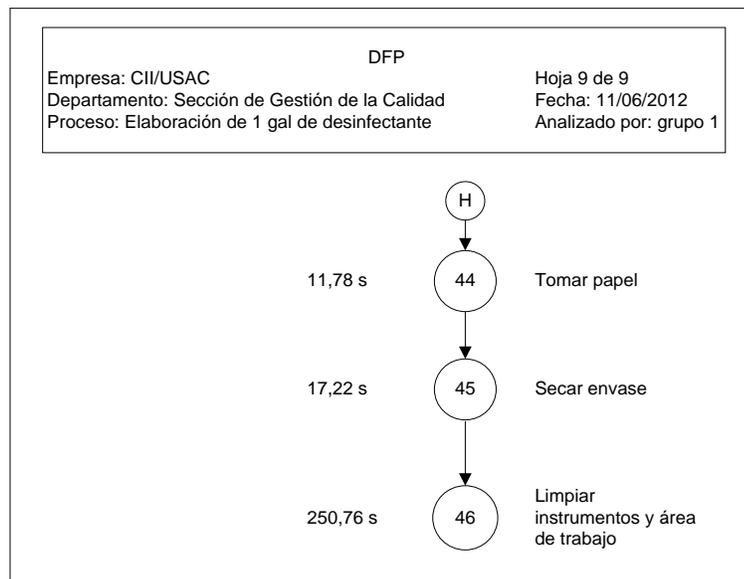
Continuación de la figura 17.



Continuación de la figura 17.



Continuación de la figura 17.



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

Tabla XI. **Resumen DFP de desinfectante M**

Resumen			
Actividad	Cantidad	Tiempo (s)	Distancia (m)
Demora	8	89,40	---
Operación	46	794,29	---
Transporte	2	23,69	2,84
Combinada	5	94,67	---
Total	61	1002,05	2,84

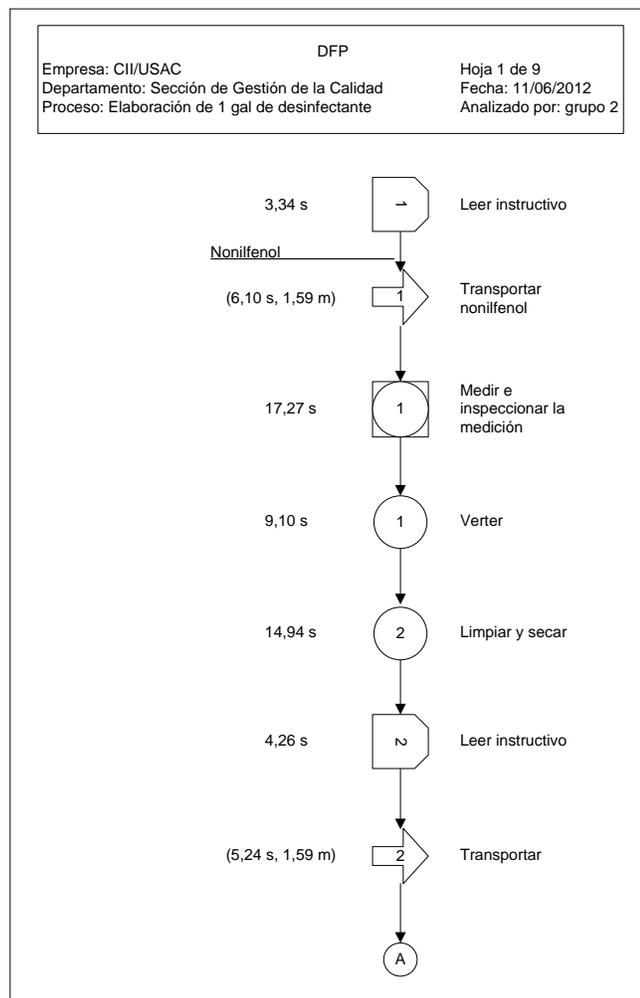
Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini USAC.

Como se observa en la tabla XI, el diagrama presenta un total de 61 actividades, una distancia recorrida de 2,84 metros, así como un tiempo total de 1002,05 segundos equivalente a 16,70 minutos aproximadamente.

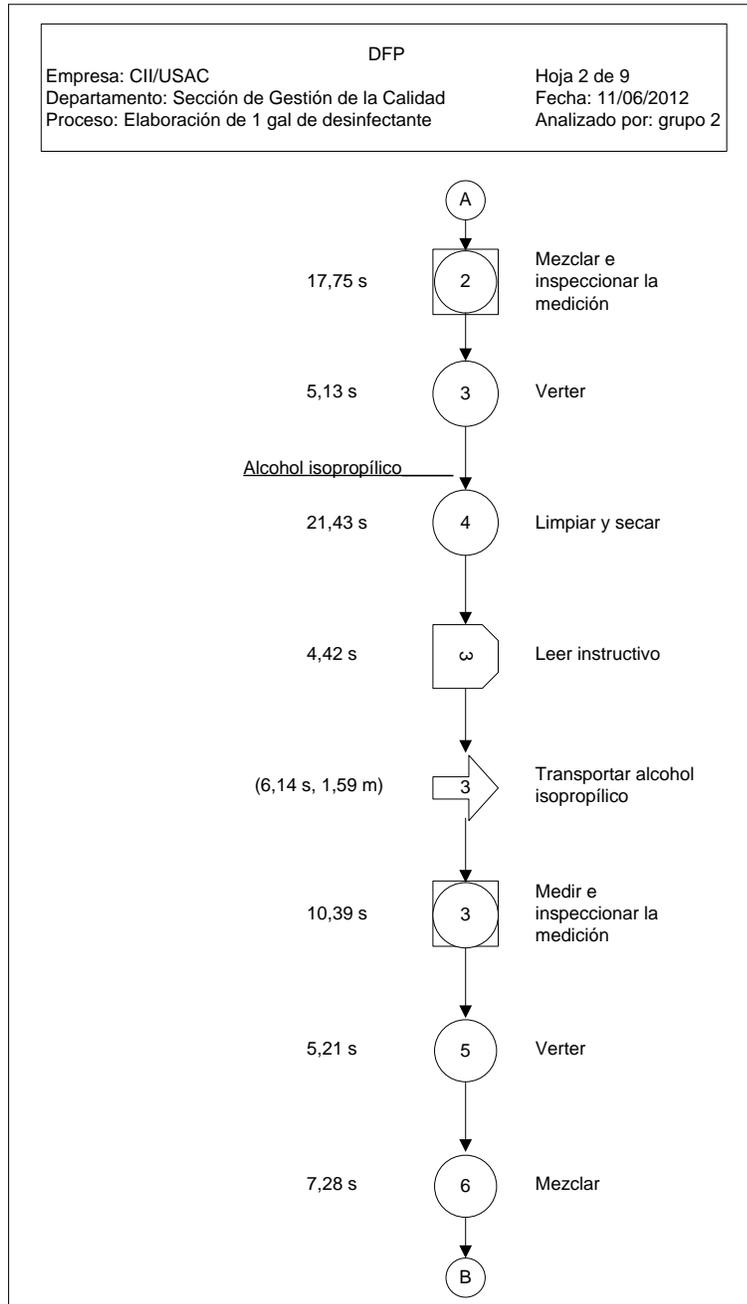
- DFP desinfectante R

El DFP del desinfectante R elaborado por el grupo 2 se presenta en la figura 18.

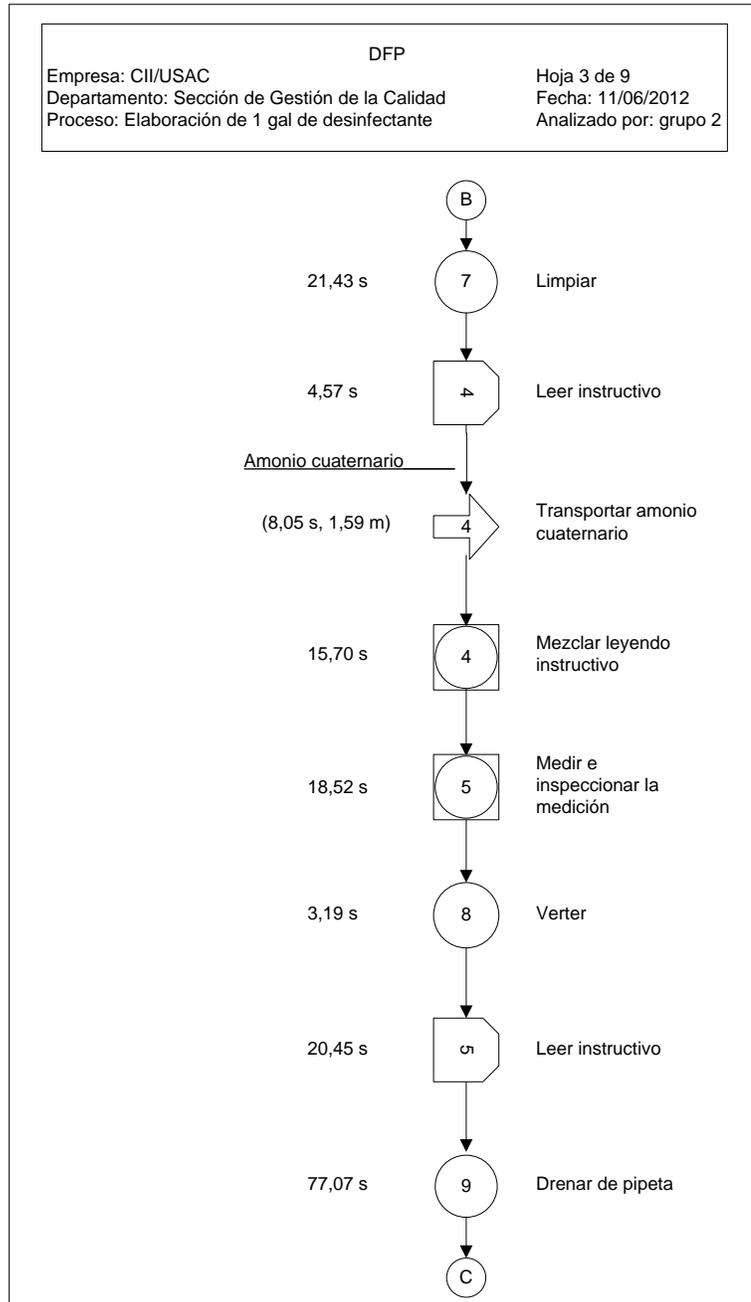
Figura 18. **DFP 1 galón de desinfectante R**



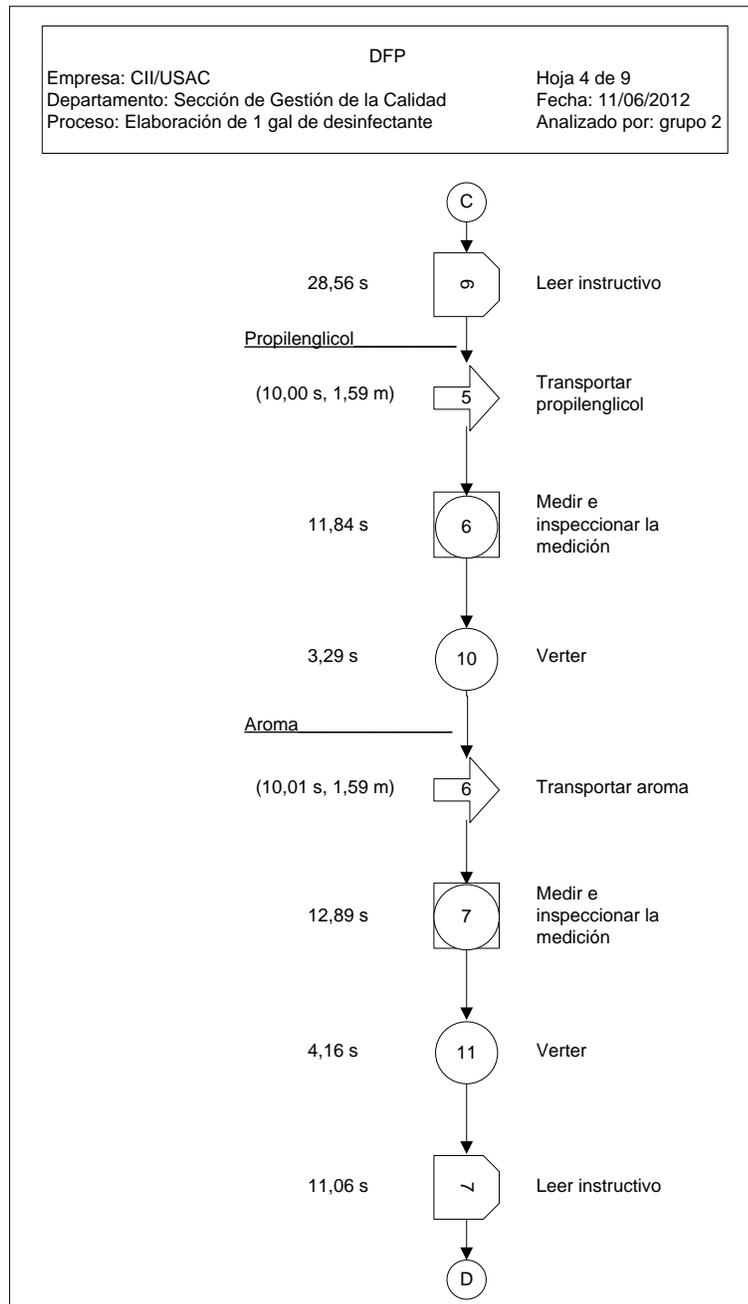
Continuación de la figura 18.



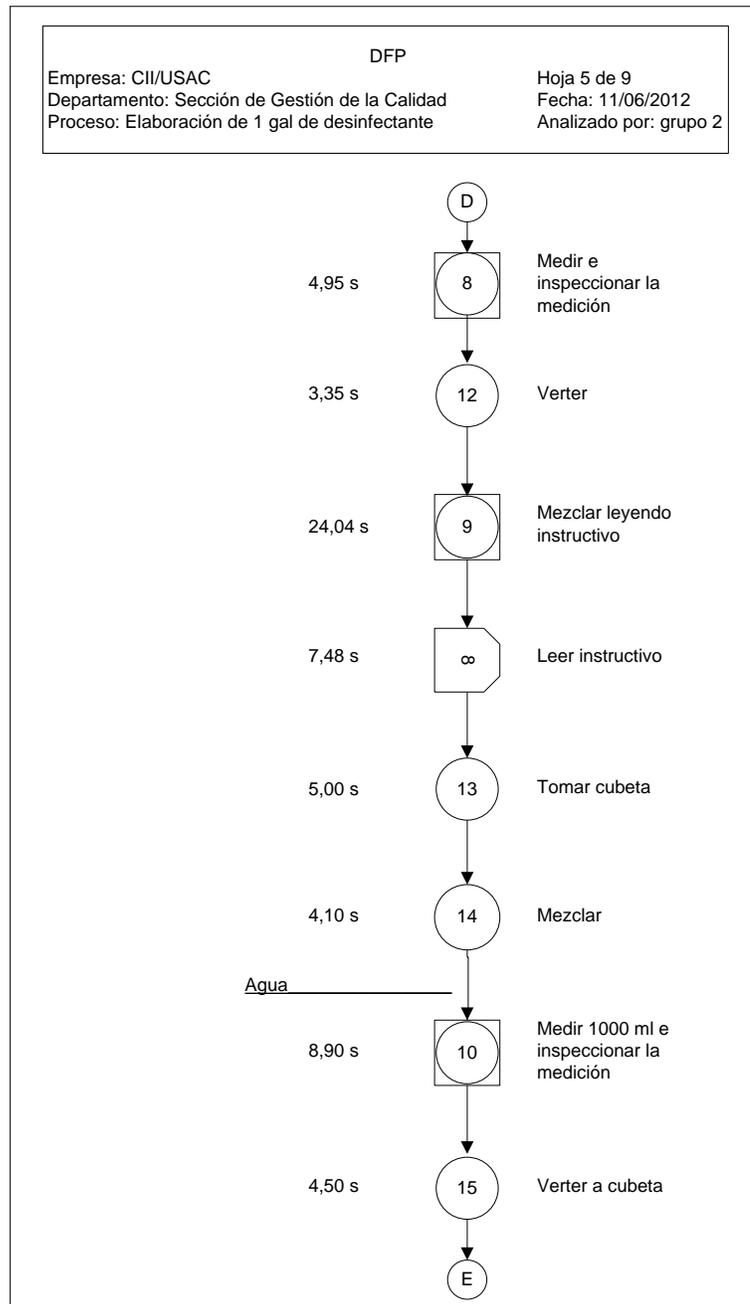
Continuación de la figura 18.



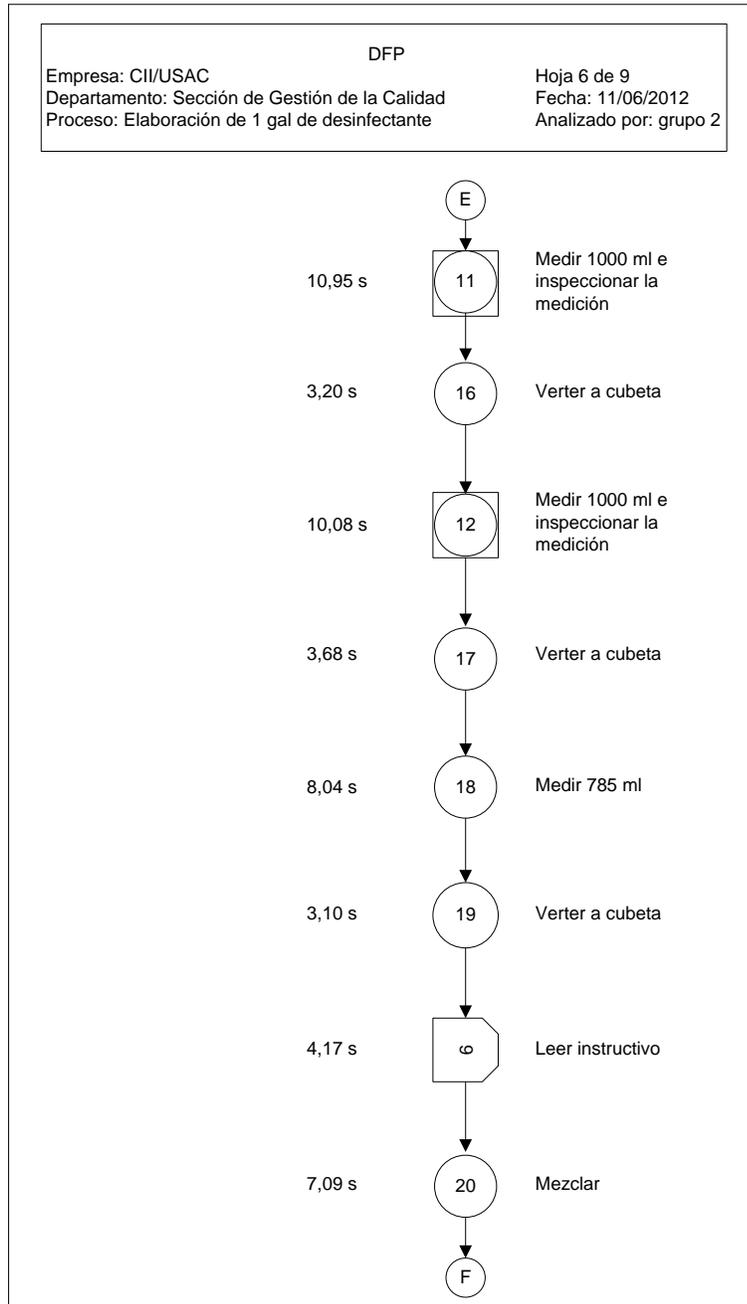
Continuación de la figura 18.



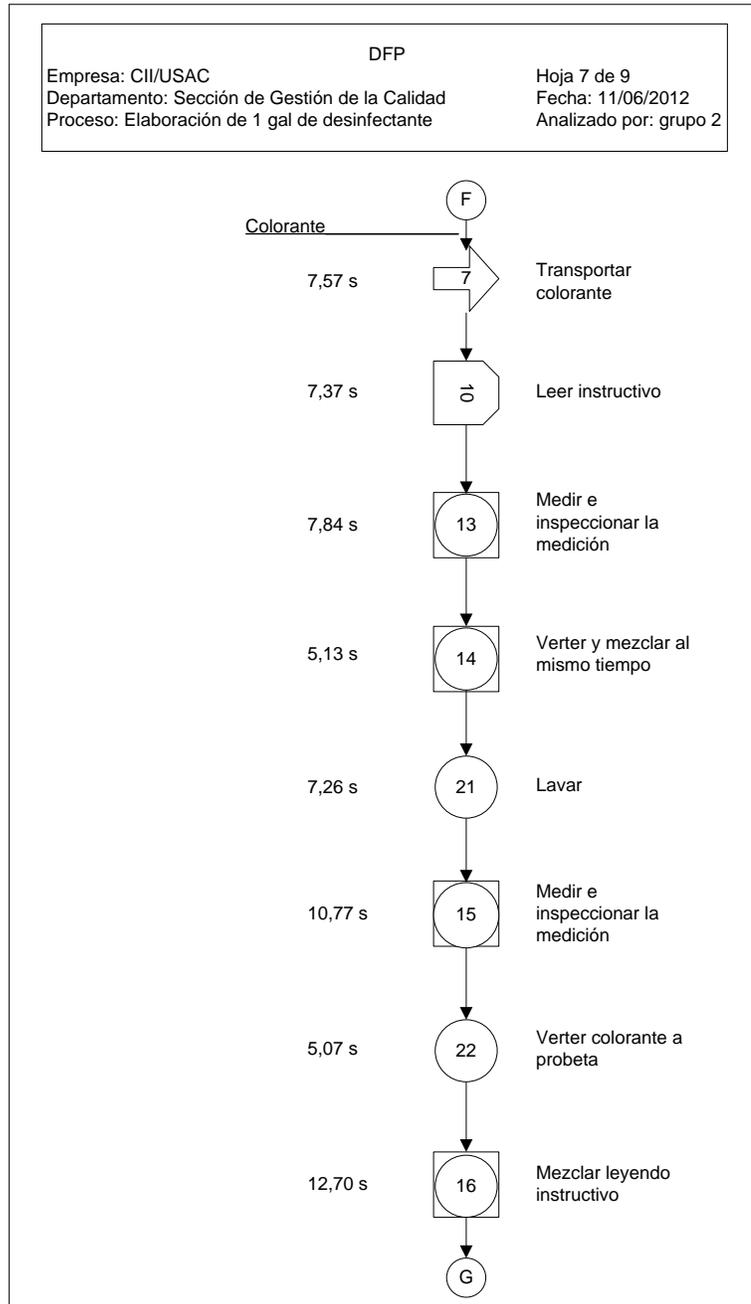
Continuación de la figura 18.



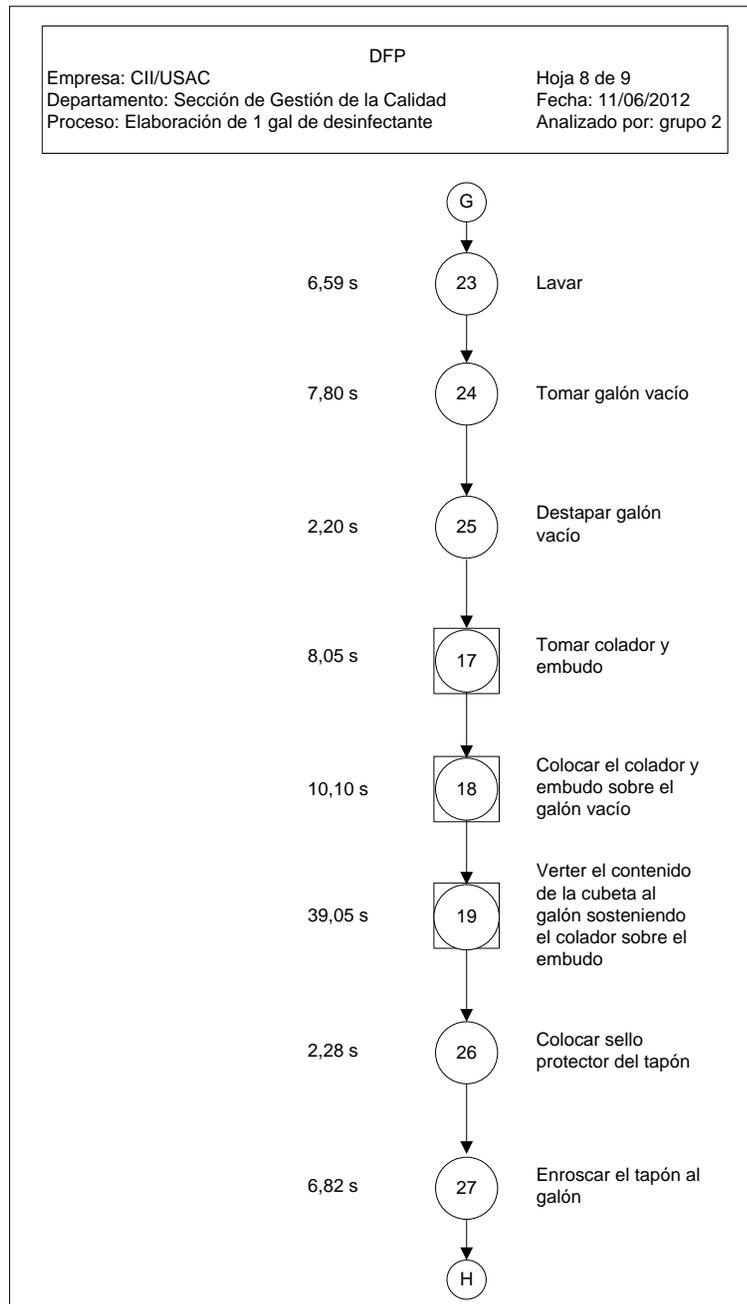
Continuación de la figura 18.



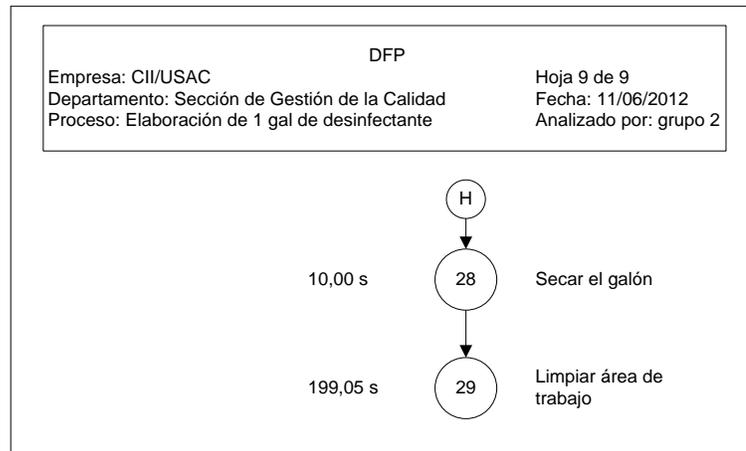
Continuación de la figura 18.



Continuación de la figura 18.



Continuación de la figura 18.



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

Tabla XII. **Resumen DFP de desinfectante R**

Resumen			
Actividad	Cantidad	Tiempo (s)	Distancia (m)
Demora	10	91,32	---
Transporte	7	53,11	11,13
Operación	29	461,36	---
Combinada	19	256,89	---
Total	65	862,68	11,13

Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

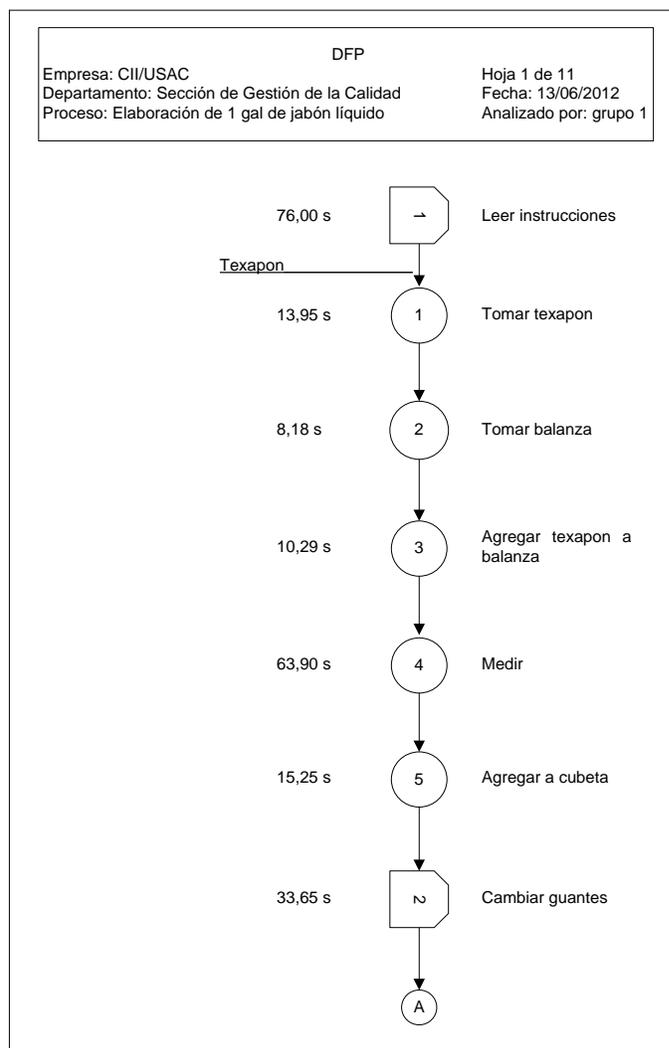
El resumen de las actividades del DFP del desinfectante R se presenta en la tabla XII. Como se observa en la tabla, el diagrama presenta un total de 65

actividades, una distancia recorrida de 11,13 metros, así como un tiempo total de 862,68 segundos equivalente a 14,38 minutos aproximadamente.

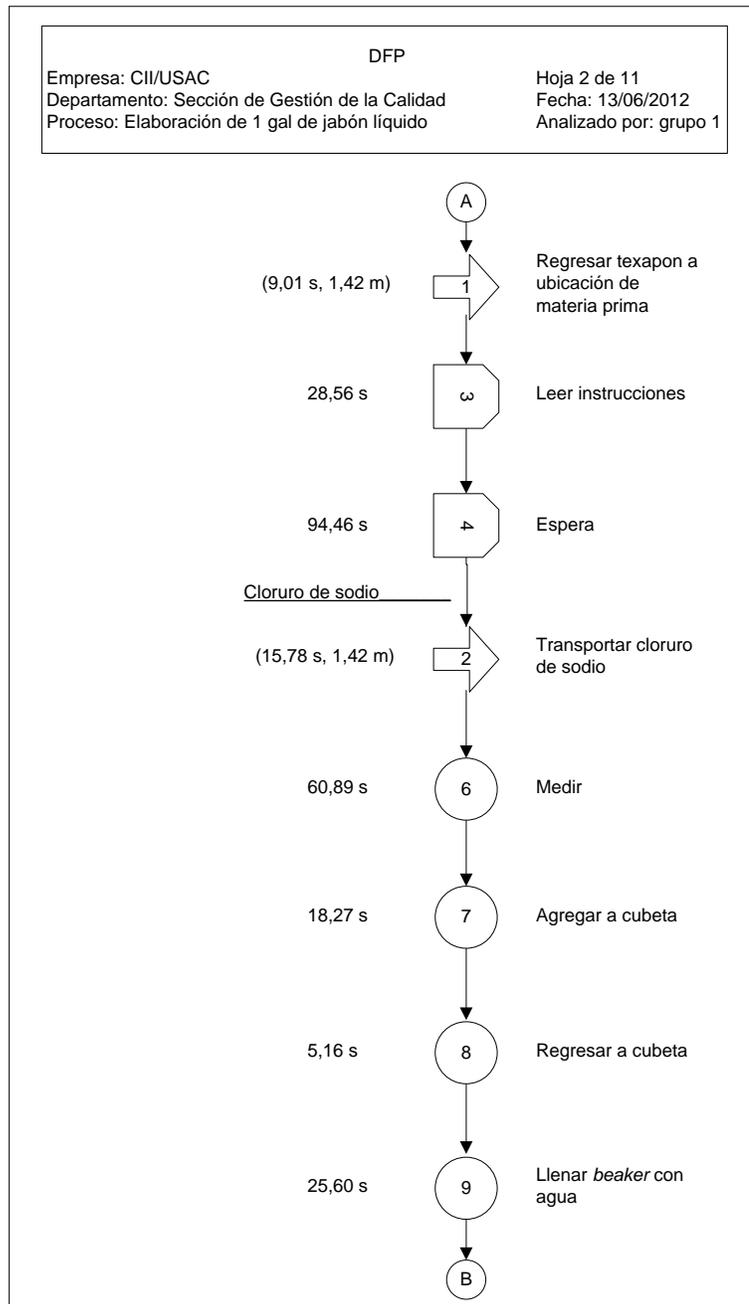
- DFP jabón líquido antibacteriano I

El DFP del jabón líquido antibacteriano I elaborado por el grupo 1 se presenta en la figura 19.

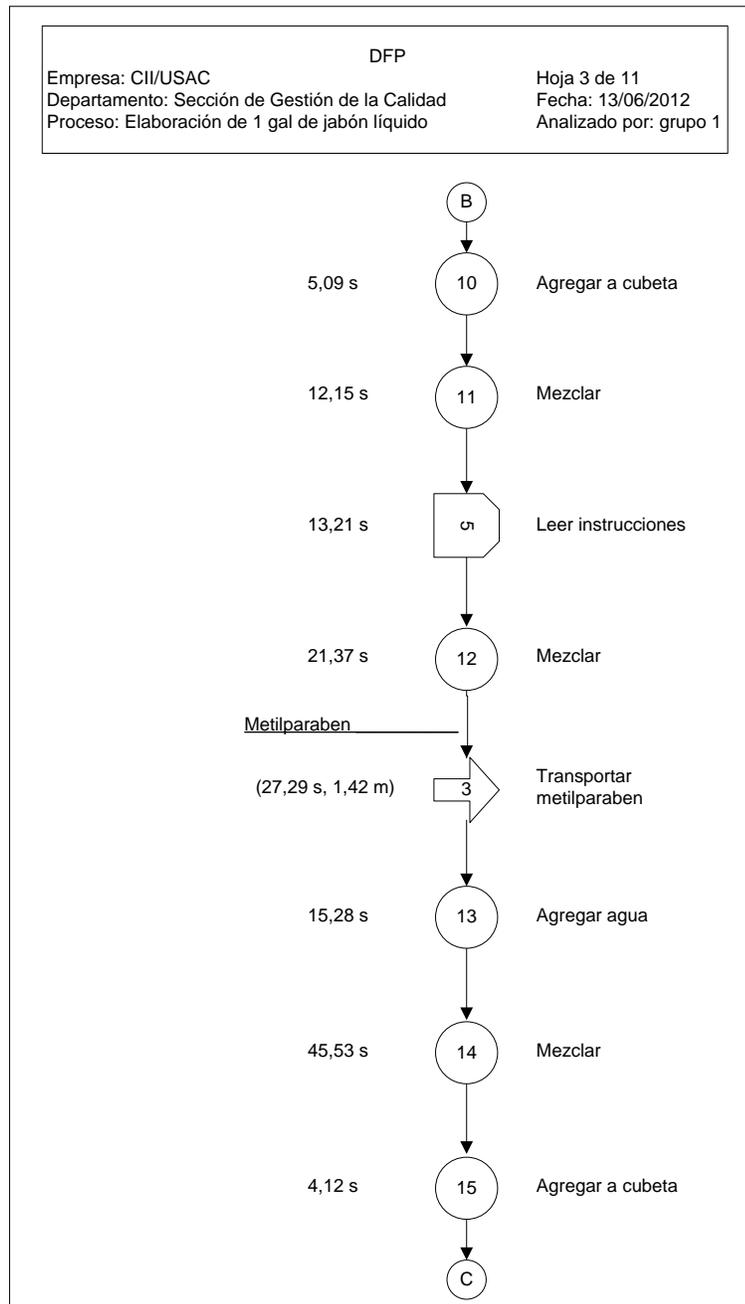
Figura 19. **DFP 1 galón de jabón líquido antibacteriano I**



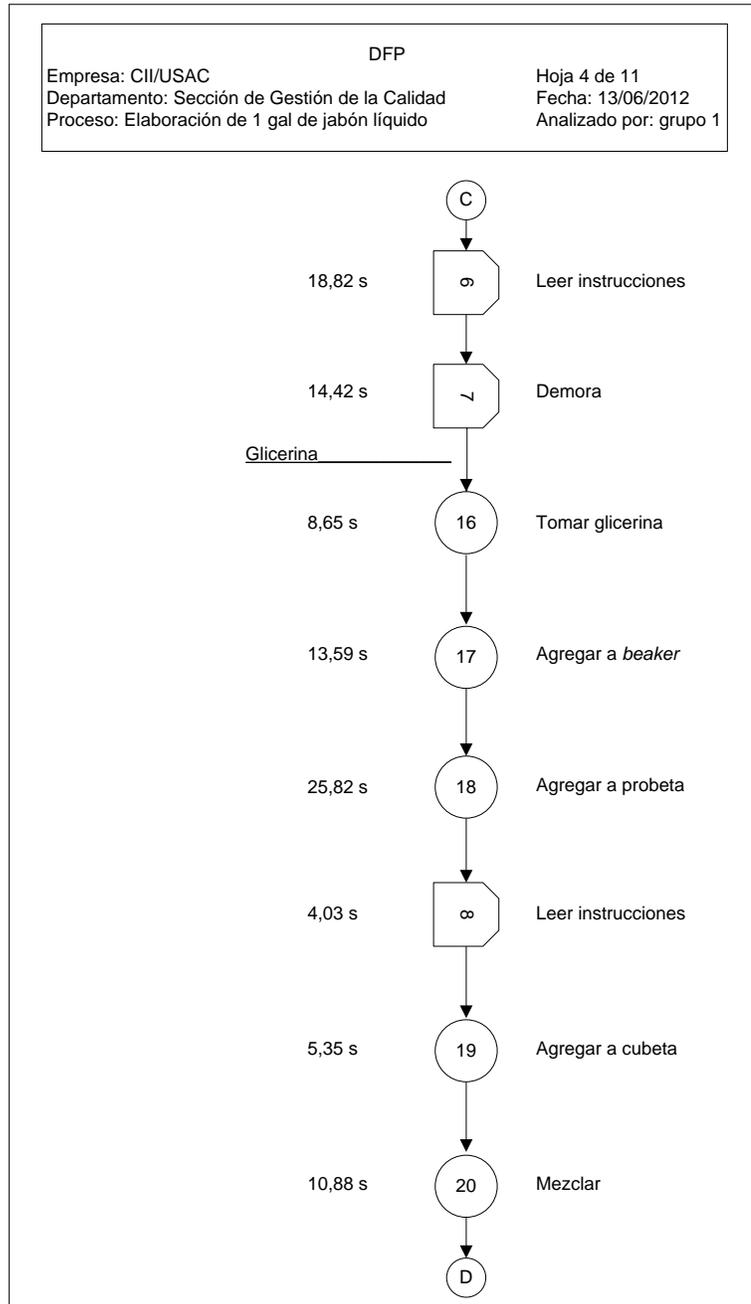
Continuación de la figura 19.



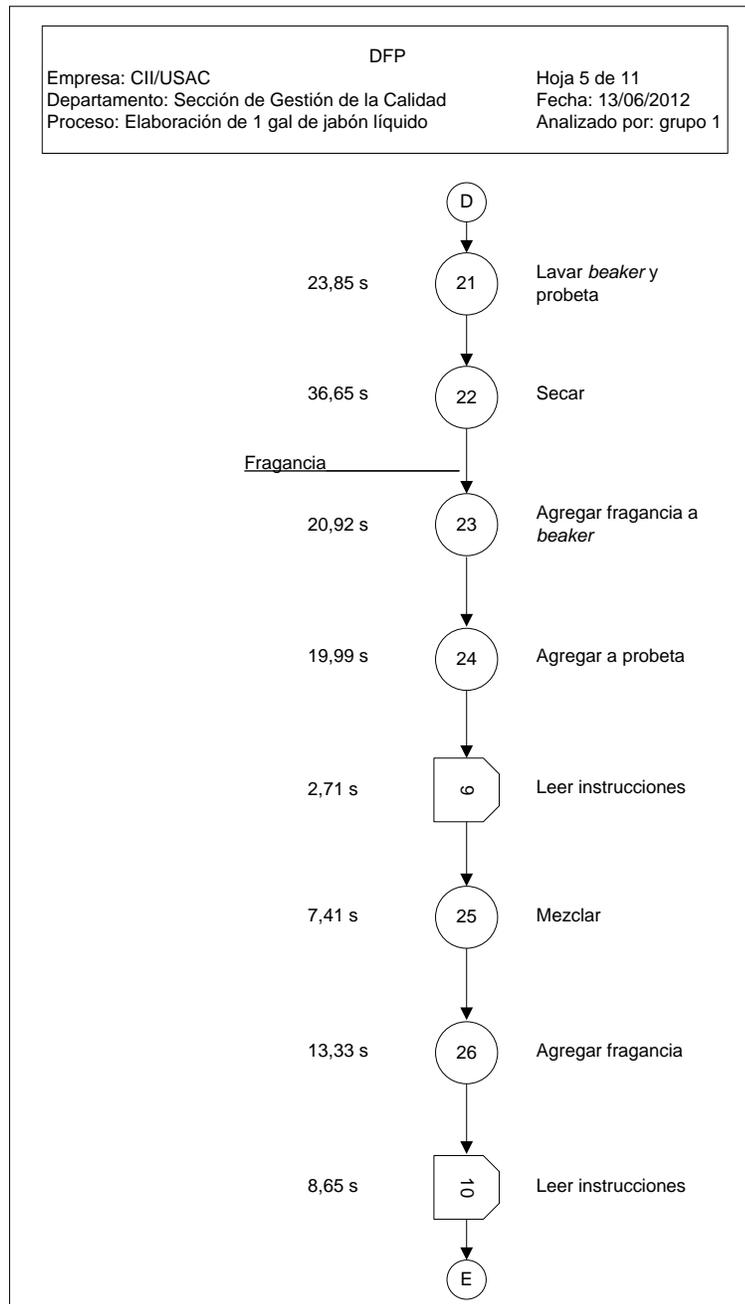
Continuación de la figura 19.



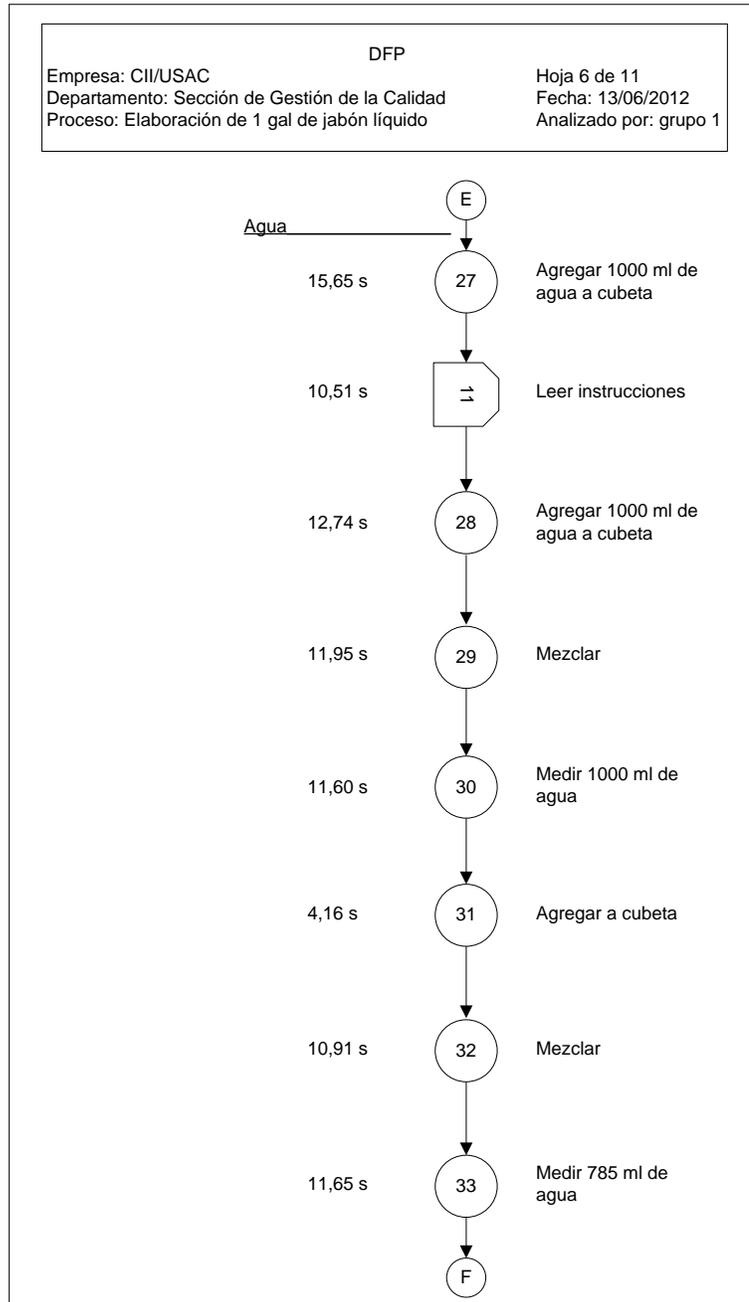
Continuación de la figura 19.



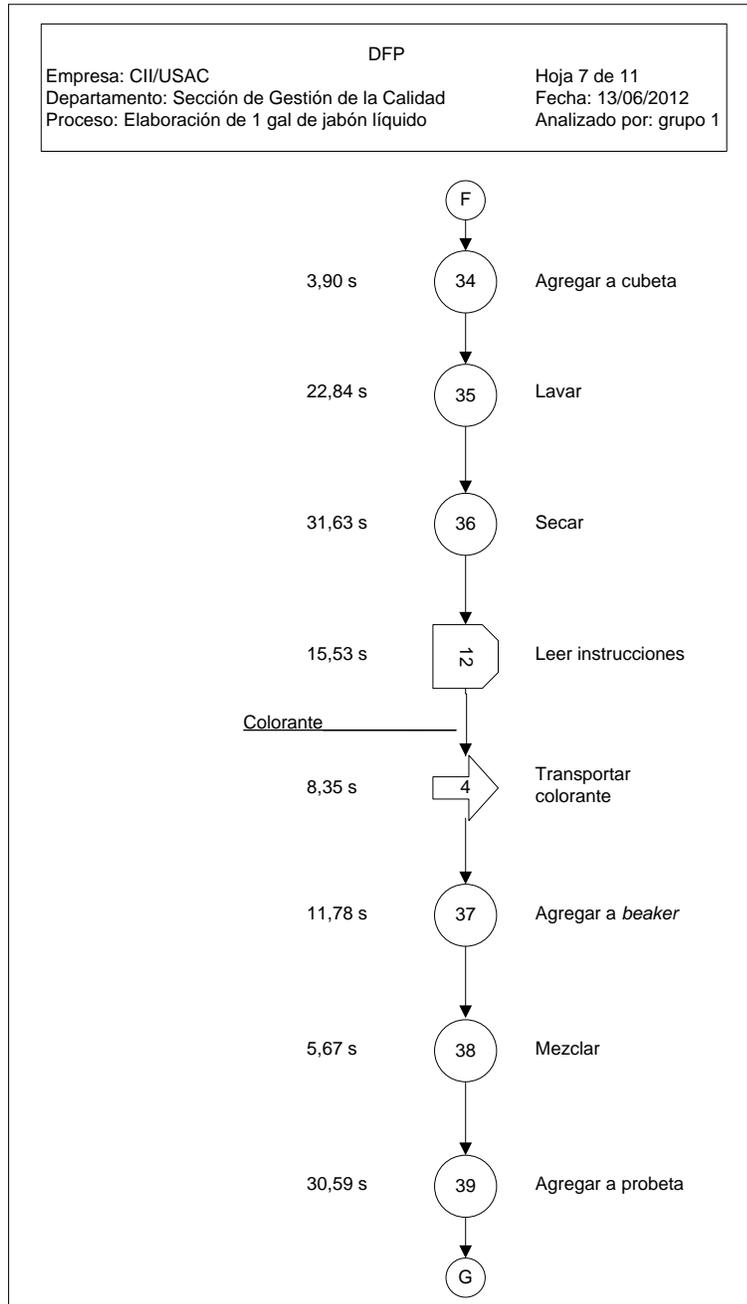
Continuación de la figura 19.



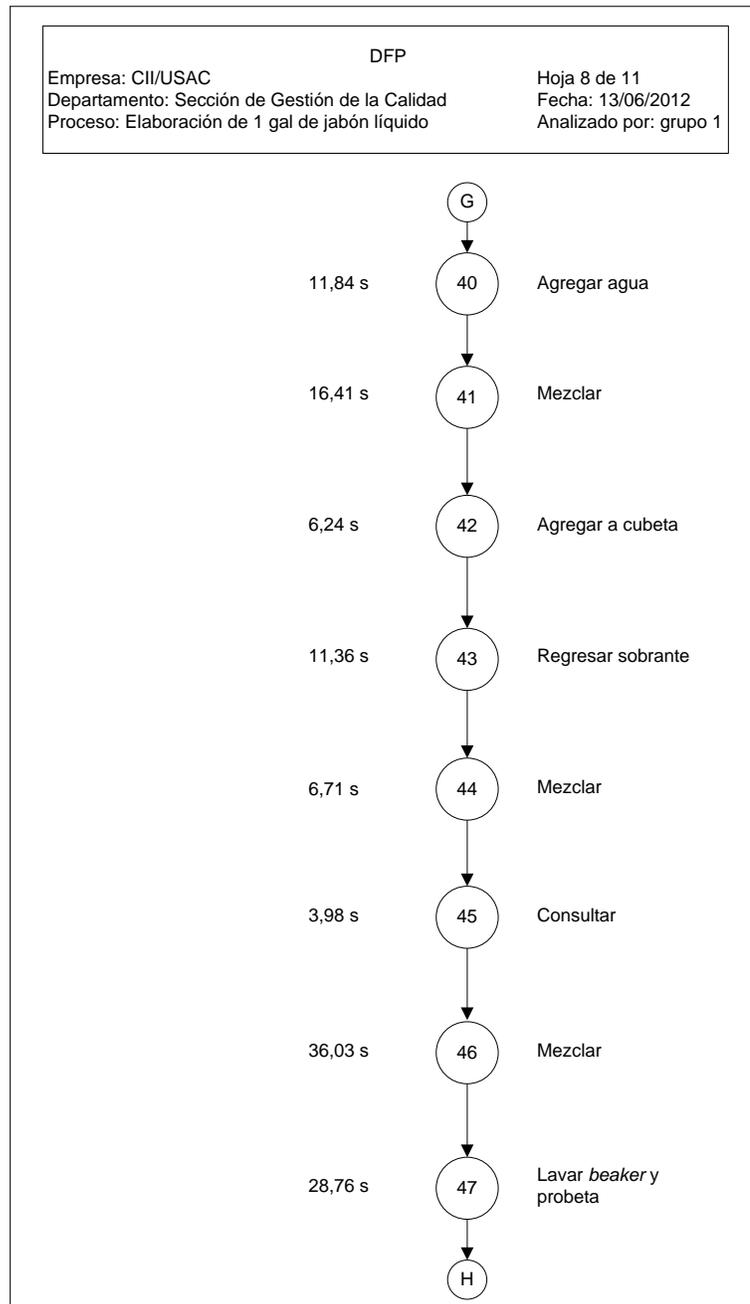
Continuación de la figura 19.



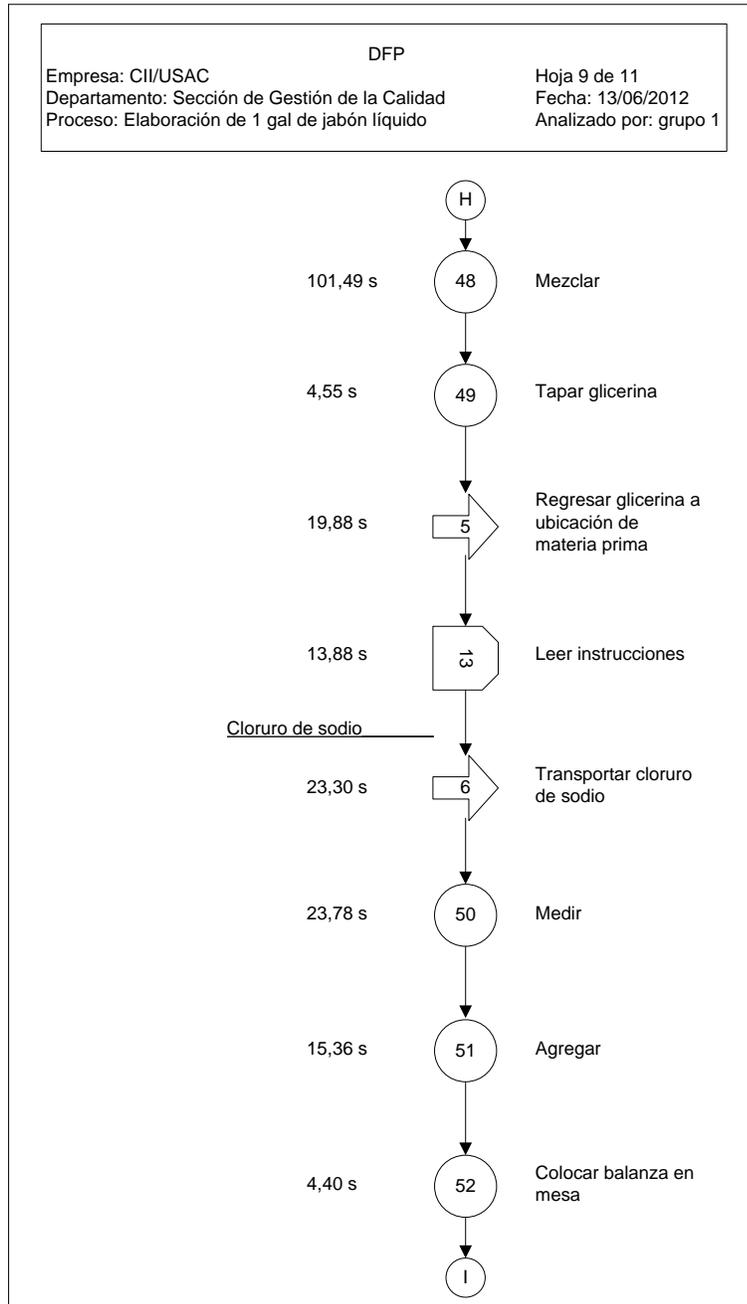
Continuación de la figura 19.



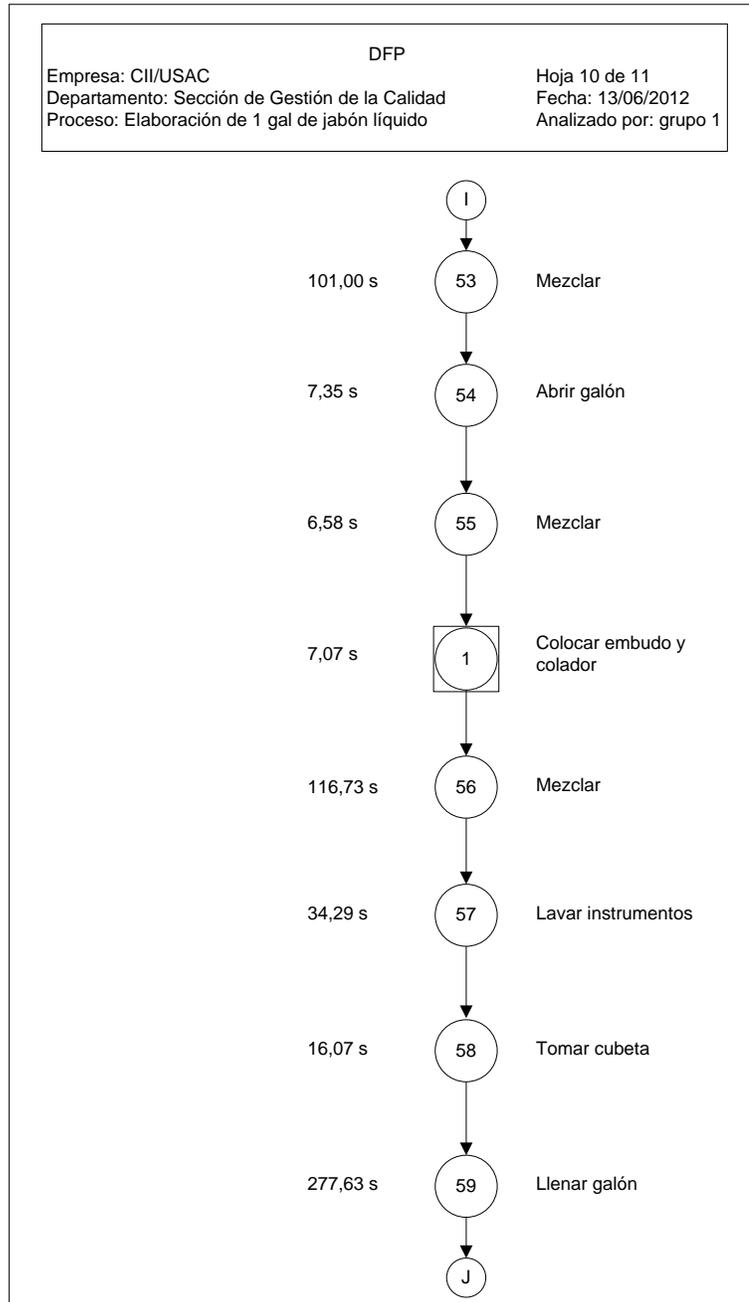
Continuación de la figura 19.



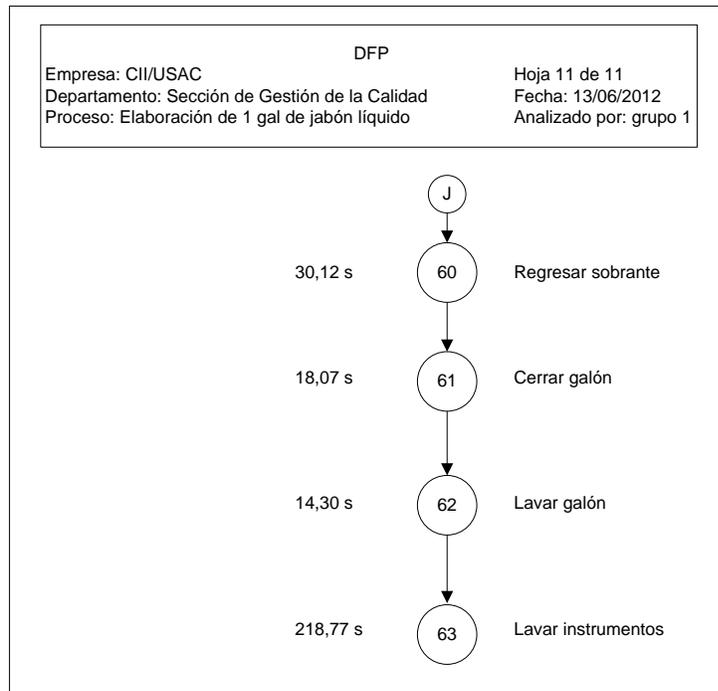
Continuación de la figura 19.



Continuación de la figura 19.



Continuación de la figura 19.



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

Tabla XIII. **Resumen DFP de jabón líquido antibacteriano I**

Resumen			
Actividad	Cantidad	Tiempo (s)	Distancia (m)
Demora	13	334,43	---
Operación	63	1 782,36	---
Transporte	6	103,61	8,52
Combinada	1	7,07	---
Total	83	2 227,47	8,52

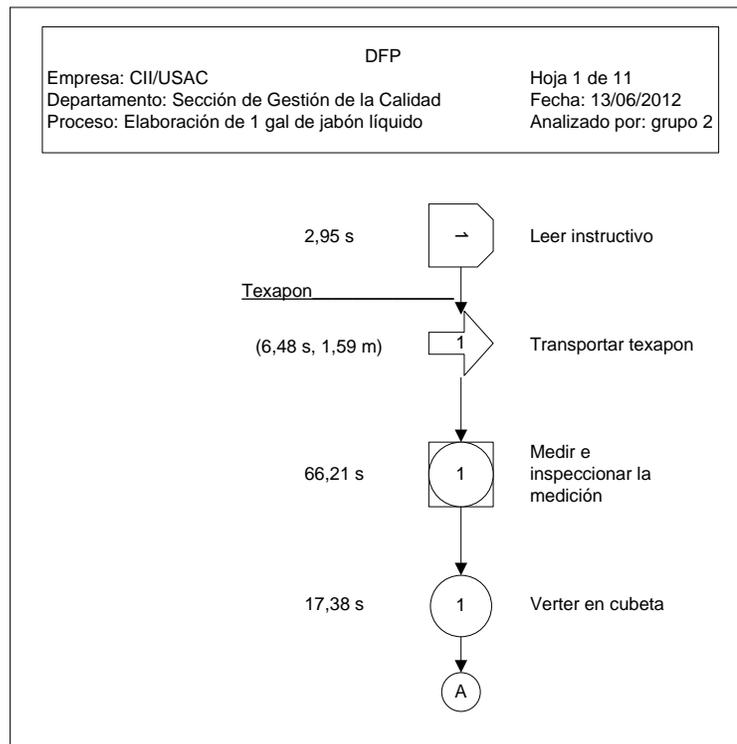
Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

El resumen de las actividades del DFP del jabón líquido antibacteriano I se presenta en la tabla XIII. Como se observa en la tabla, el diagrama presenta un total de 83 actividades, una distancia recorrida de 8,52 metros, así como un tiempo total de 2 227,47 segundos equivalente a 37,12 minutos.

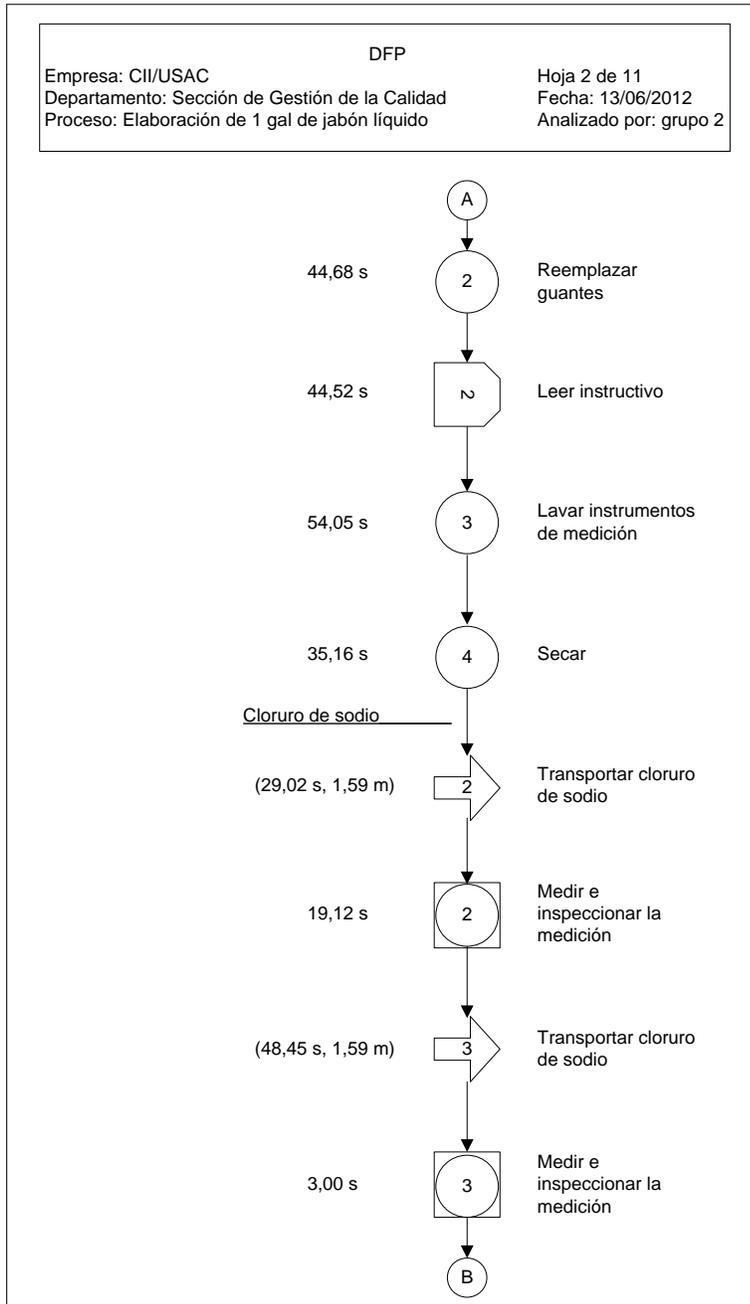
- DFP jabón líquido antibacteriano O

El DFP del jabón líquido antibacteriano O elaborado por el grupo 2 se presenta en la figura 20.

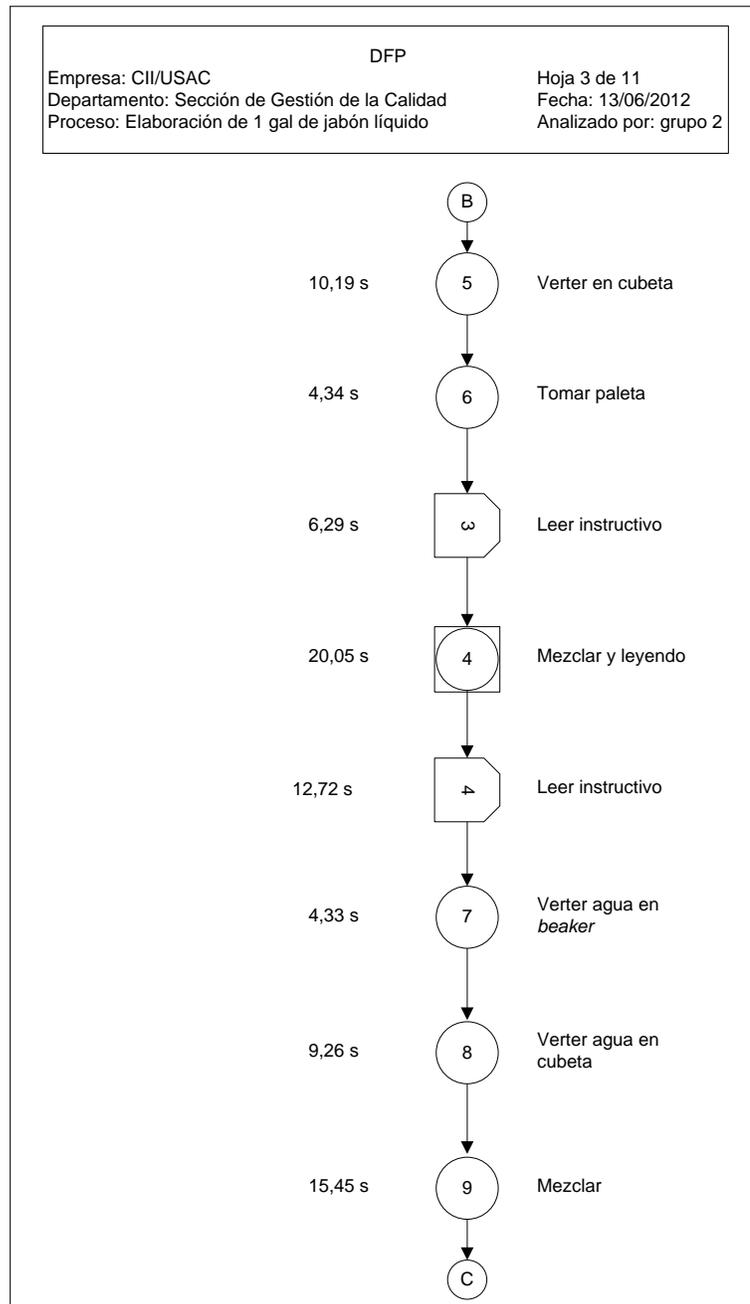
Figura 20. **DFP 1 galón de jabón líquido antibacteriano O**



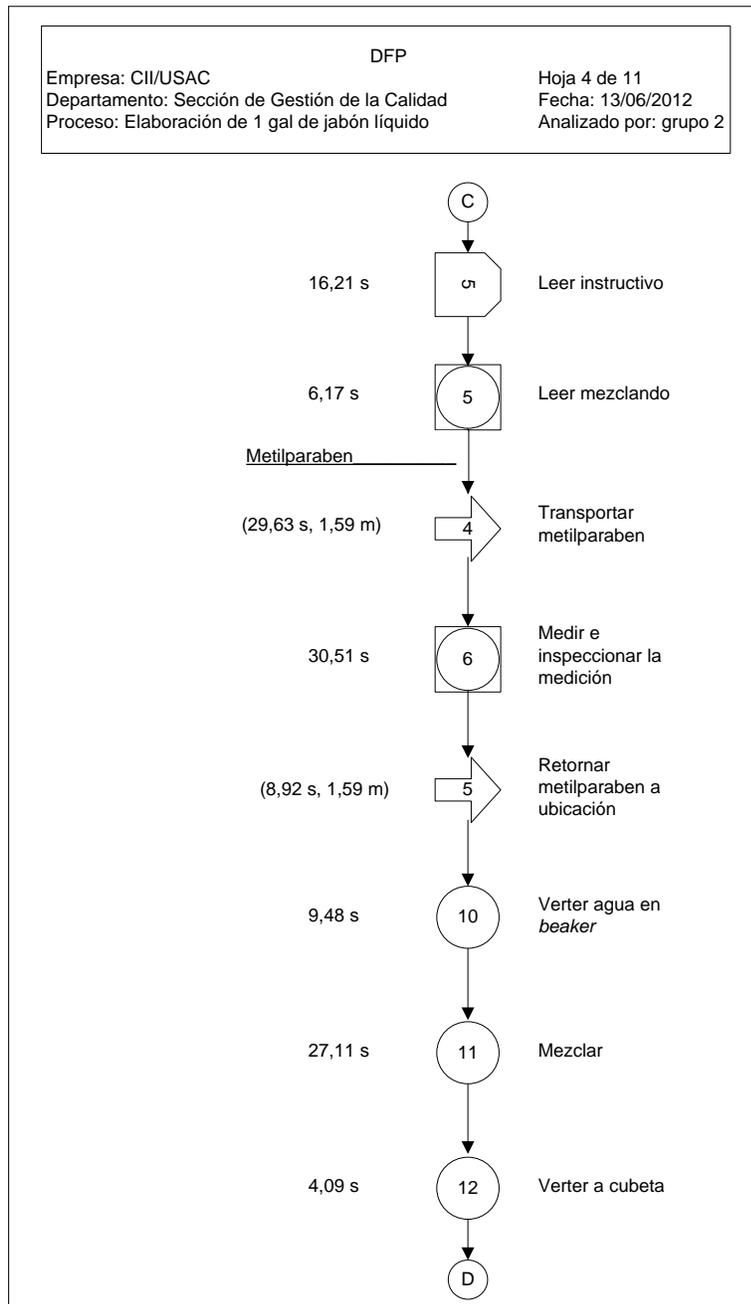
Continuación de la figura 20.



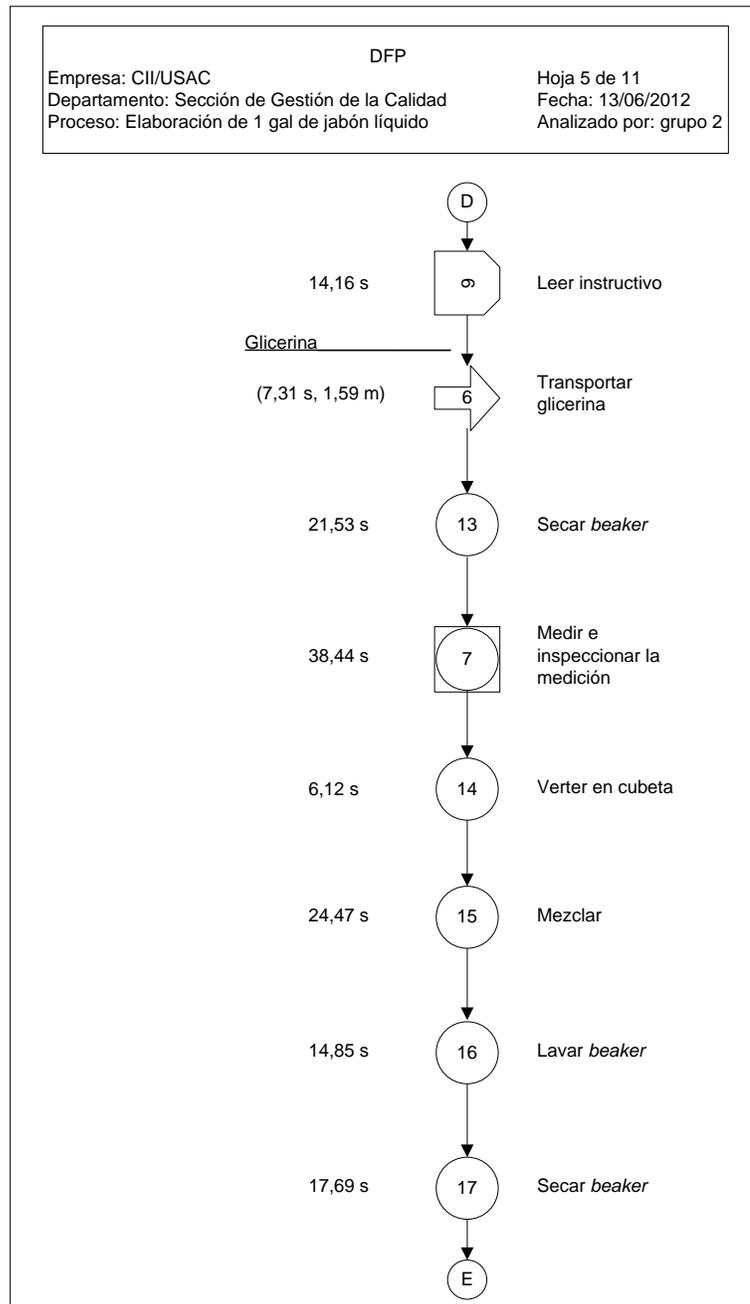
Continuación de la figura 20.



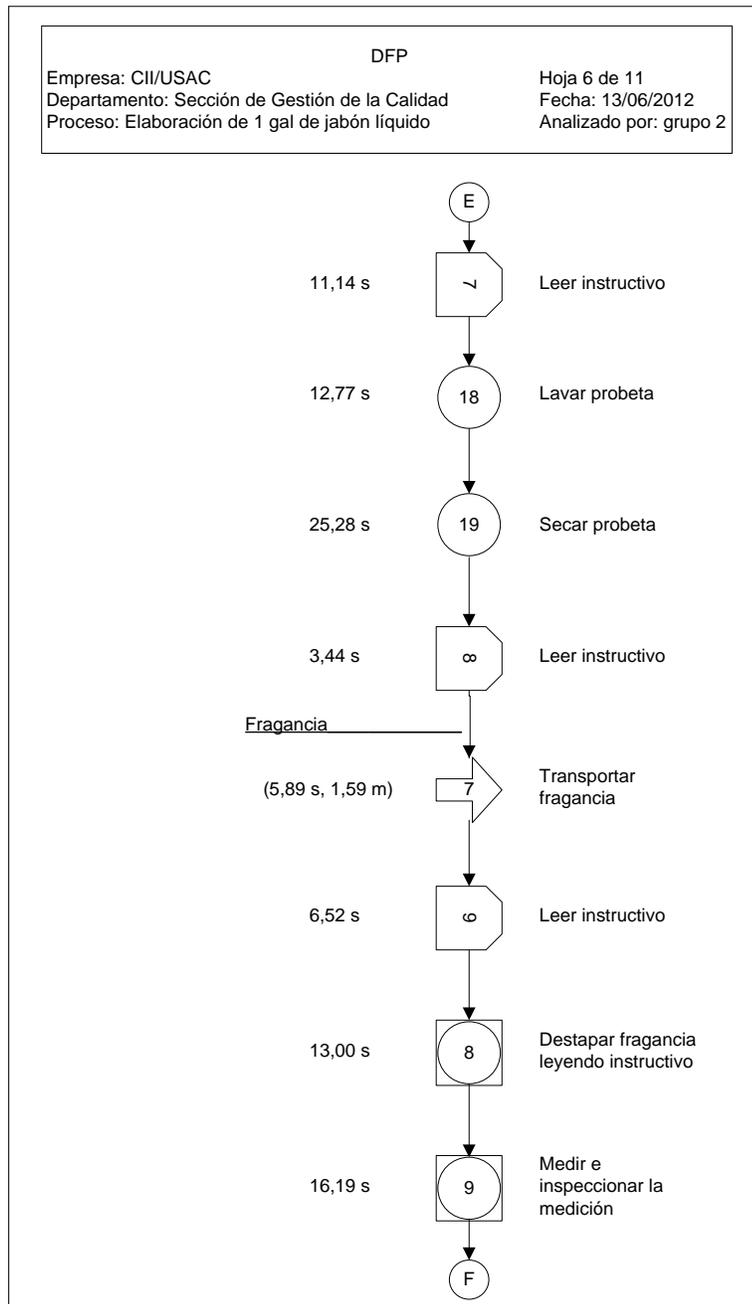
Continuación de la figura 20.



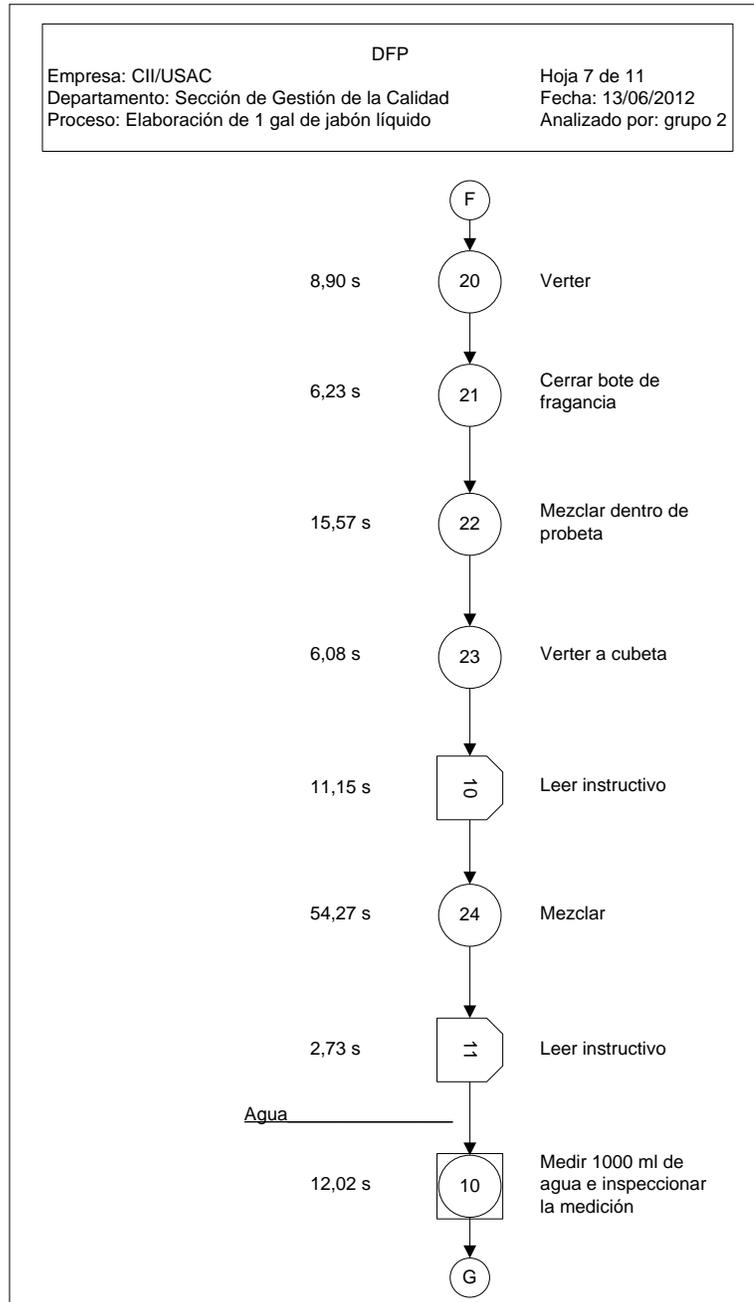
Continuación de la figura 20.



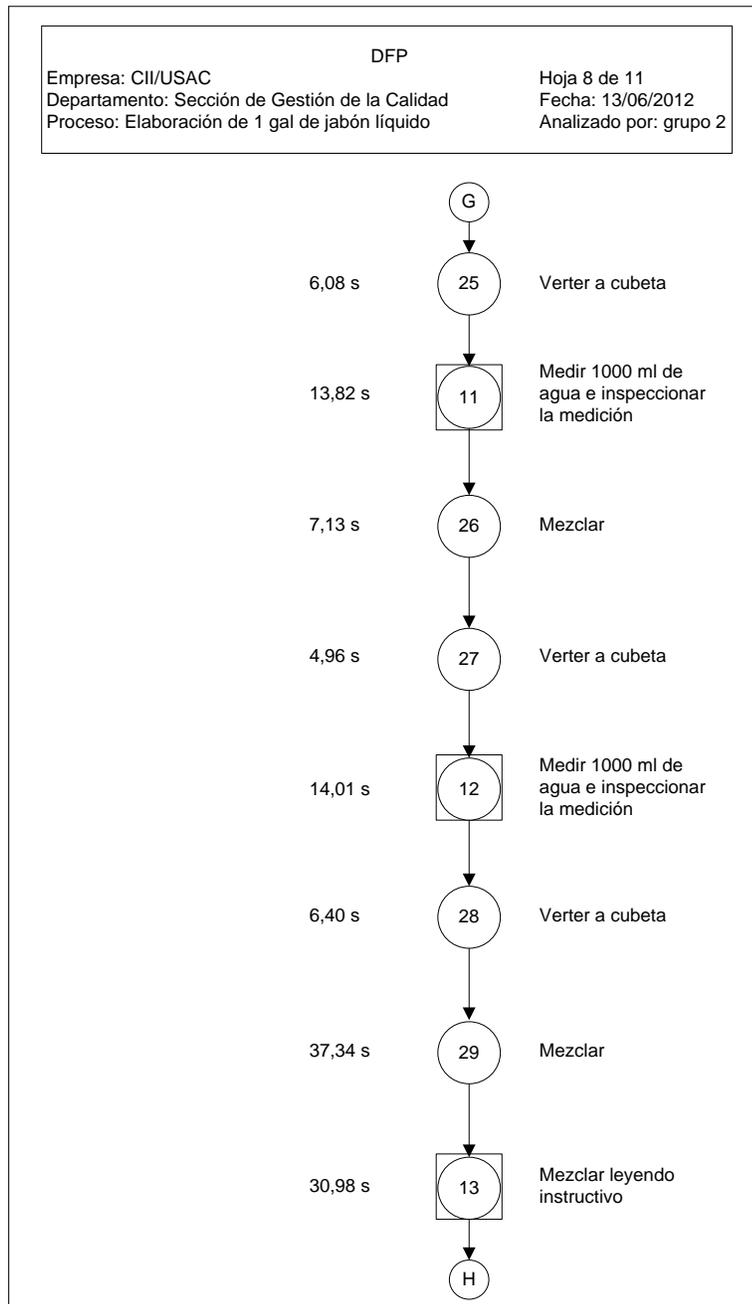
Continuación de la figura 20.



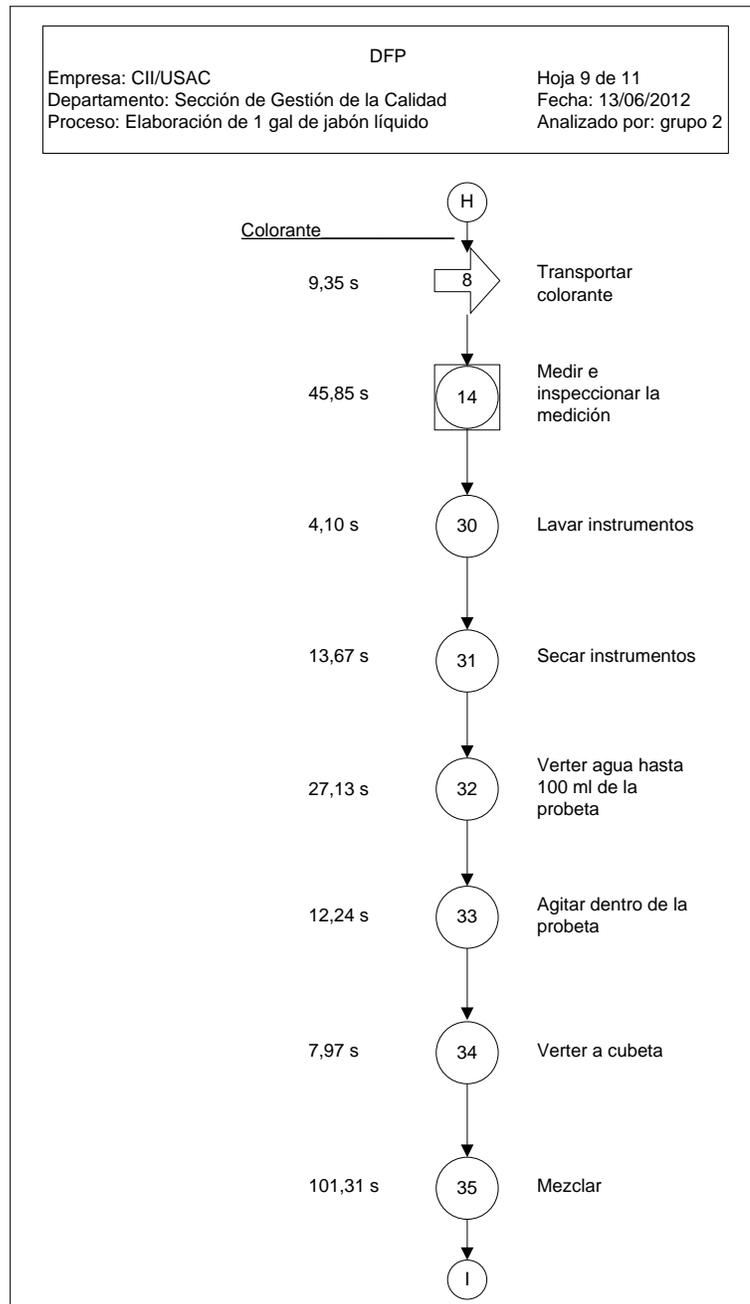
Continuación de la figura 20.



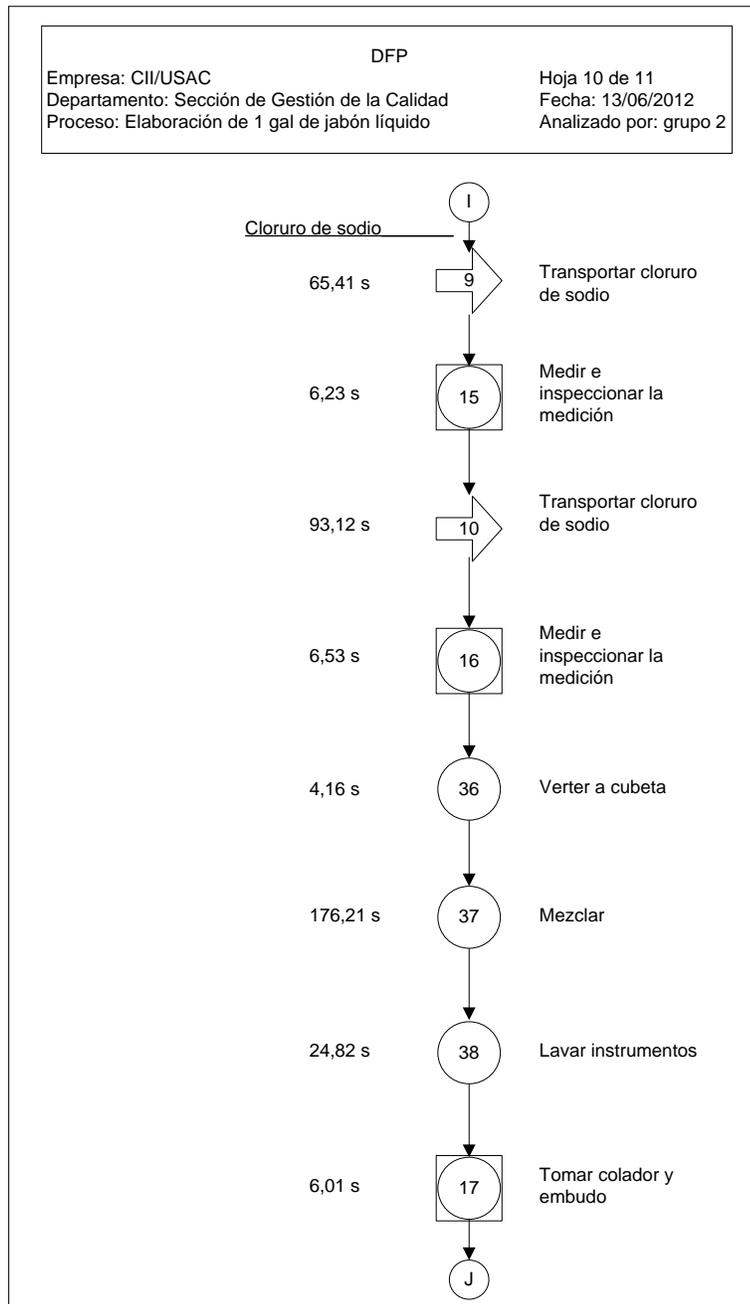
Continuación de la figura 20.



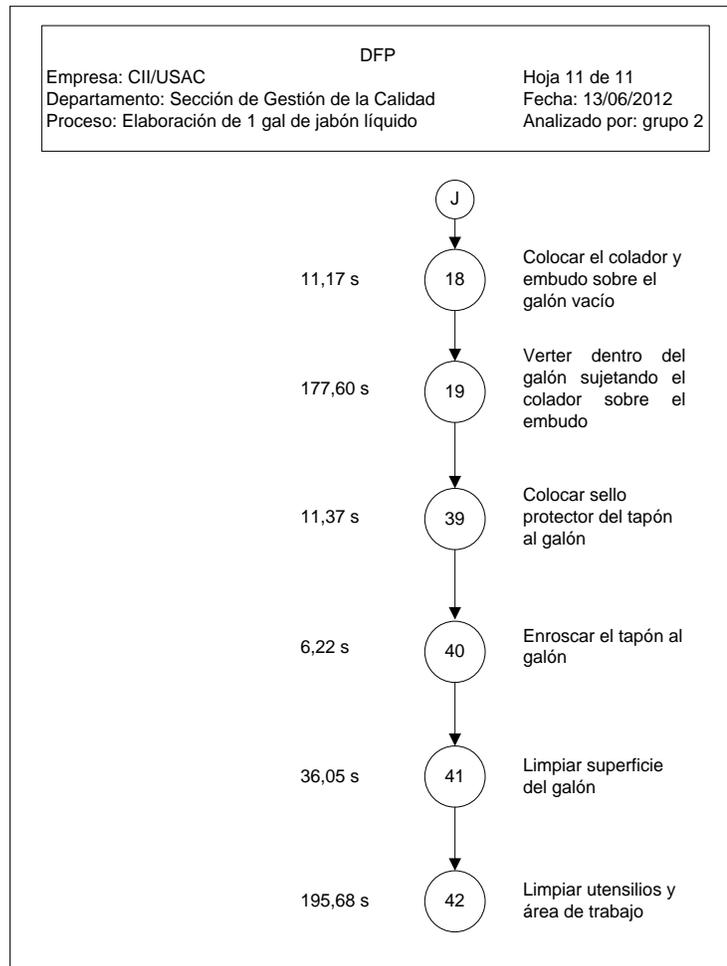
Continuación de la figura 20.



Continuación de la figura 20.



Continuación de la figura 20.



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

El resumen de las actividades del DFP del jabón líquido antibacteriano O se presenta en la tabla XIV. Como se observa en la tabla, el diagrama presenta un total de 81 actividades, una distancia recorrida de 15,90 metros, así como un tiempo total de 2 105,17 segundos equivalente a 35,09 minutos aproximadamente.

Tabla XIV. **Resumen DFP de jabón líquido antibacteriano O**

Resumen			
Actividad	Cantidad	Tiempo (s)	Distancia (m)
Demora	11	131,83	---
Transporte	10	303,58	15,90
Combinada	19	537,62	---
Operación	42	1 132,14	---
Total	81	2 105,17	15,90

Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

3.1.4.2. Determinación de pH

El potenciómetro es el instrumento utilizado para la medición de pH de cualquier sustancia. El término pH proviene del latín *pondus Hydrogenium* que significa el peso del hidrógeno. El pH indica qué tan ácida o alcalina, básica, es una sustancia. La escala de pH comprende valores desde 0 hasta 14. El punto medio o neutro de esta escala es 7, el cual indica un equilibrio entre la acidez y alcalinidad de la solución.

La sustancia será ácida cuando el pH de la misma esté por debajo de 7, lo que indica que el número de iones hidróxido (OH⁻) es inferior al número de iones hidrógeno (H⁺) de la sustancia.

Asimismo, la sustancia será alcalina o básica cuando el pH de la misma sea mayor a 7, lo que indica que el número de iones OH⁻ es mayor al número de iones H⁺ de la sustancia.

Por lo tanto, para la determinación del pH de las muestras analizadas se ha utilizado, en las instalaciones del laboratorio LAFIQ, el potenciómetro con códigos P047/09-CONCYT y LAFIQ-QI-C-II como se observa en la figura 21.

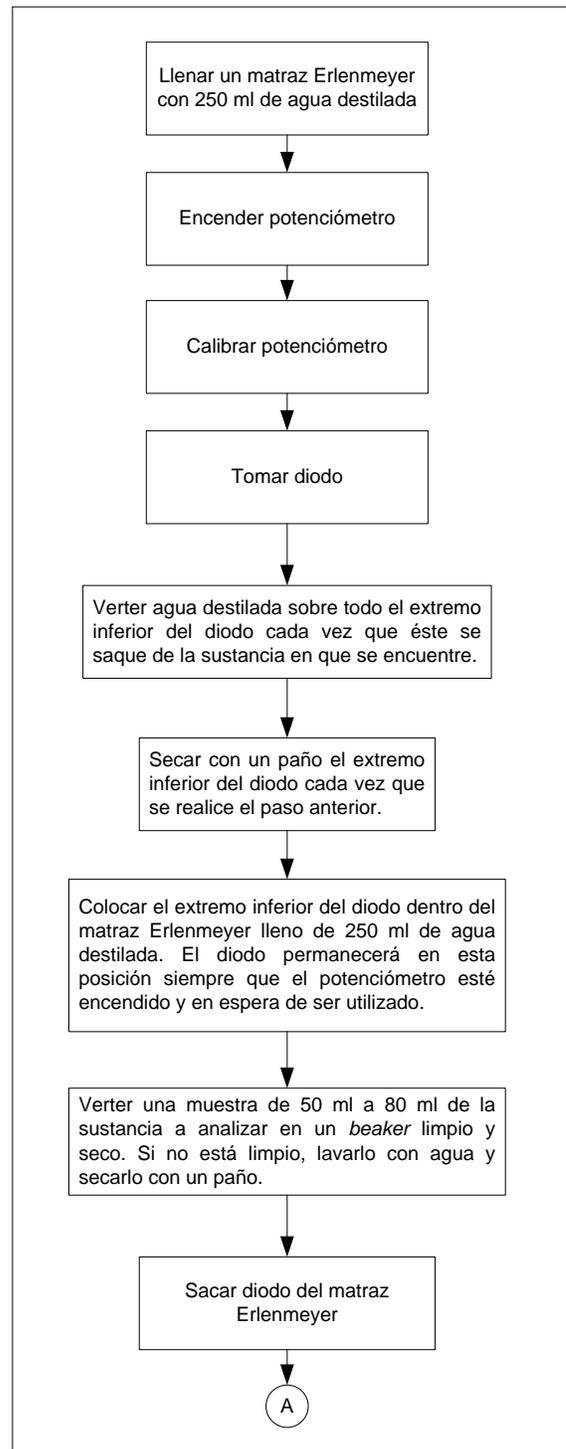
Figura 21. **Potenciómetro utilizado para la medición de pH**



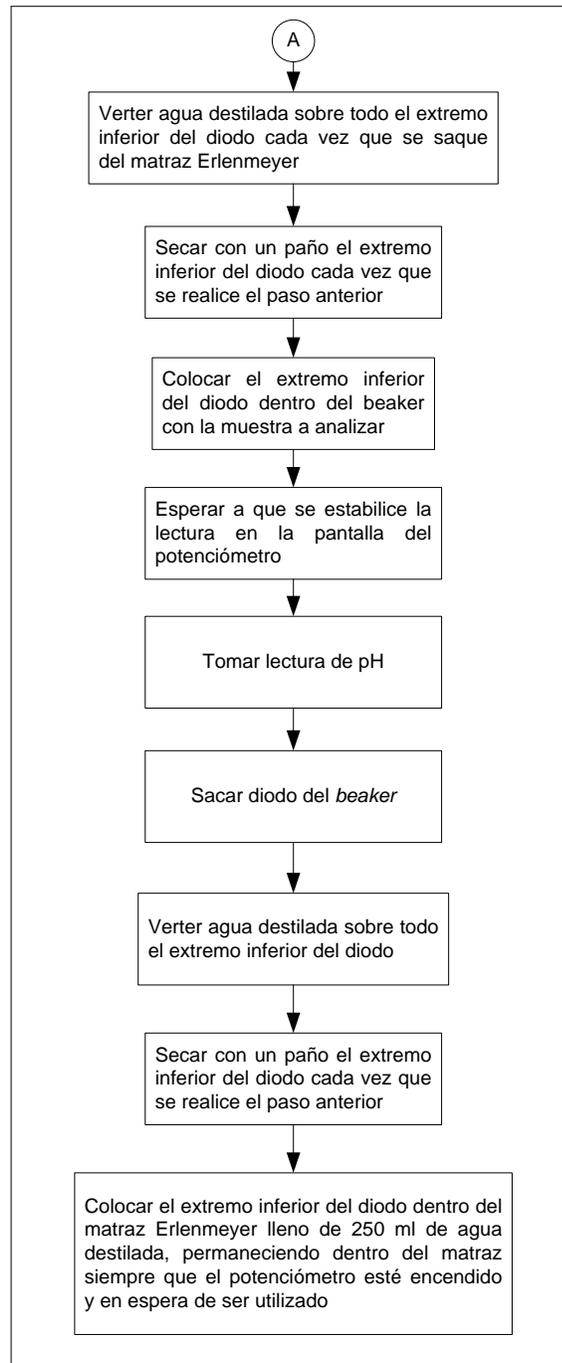
Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

El procedimiento para la determinación de pH de las muestras de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos analizadas, en el laboratorio LAFIQ del CII, se describe en la figura 22. Cabe destacar que tanto la calibración del potenciómetro así como el uso del mismo fueron realizados por personal capacitado dentro de las instalaciones del laboratorio.

Figura 22. Diagrama de bloques para la determinación de pH



Continuación de la figura 22.



Fuente: elaboración propia.

El pH de los desinfectantes analizados se muestra en la tabla XV. Como se observa en la tabla, el pH de los productos elaborados, M y R, satisfacen el rango de pH de 6,0 a 10,5 según la norma COGUANOR NGO 30025. Asimismo, estos desinfectantes están comprendidos dentro de los valores de pH de los patrones de desinfectantes comerciales 1, 2, 3 y 4.

Tabla XV. **Determinación de pH de desinfectantes**

pH desinfectante		
Desinfectantes analizados	pH	Conclusión de las muestras
1	6,552	Los desinfectantes elaborados M y R cumplen con el rango de pH de la norma COGUANOR NGO 30025, con un pH de 6,0 a 10,5 para un óptimo desempeño del amonio cuaternario, agente desinfectante utilizado en la formulación de la tabla VII. Asimismo, éstos están comprendidos dentro de los valores de pH de los patrones de desinfectantes comerciales analizados.
2	6,828	
3	7,160	
4	6,995	
M	7,318	
R	6,972	

Fuente: elaboración propia.

El pH de los jabones líquidos analizados se muestra en la tabla XVI. Como se observa en la tabla, el pH de los jabones comerciales son para A y B, 6,80 y 7,740 respectivamente, valores muy cercanos a un pH neutro de 7. En contraste, el patrón comercial C presenta un pH de 5,558 para pieles sensibles que necesiten conservar en el lavado los 5,5 grados de acidez natural de la piel. Sin embargo, los jabones líquidos elaborados, I y O, no cumplen con el pH de 7,0 a 9,0 para un pH óptimo del metilparaben, agente antibacteriano utilizado para la elaboración de estos jabones.

Tabla XVI. **Determinación de pH de jabones líquidos**

pH jabón líquido		
Jabones analizados	pH	Conclusión de las muestras
A	6,801	Los jabones líquidos elaborados I y O no cumplen con el pH óptimo de 7,0 a 9,0 para un pH óptimo del metilparaben, agente antibacteriano utilizado en la formulación de la tabla IX.
B	5,558	
C	7,740	
I	5,350	
O	4,589	

Fuente: elaboración propia.

3.1.4.3. **Evaluación de niveles de espuma**

Para la determinación de los niveles de espuma de las muestras analizadas se ha utilizado, en las instalaciones del laboratorio LAFIQ, el matraz de bola graduado como se observa en la figura 23.

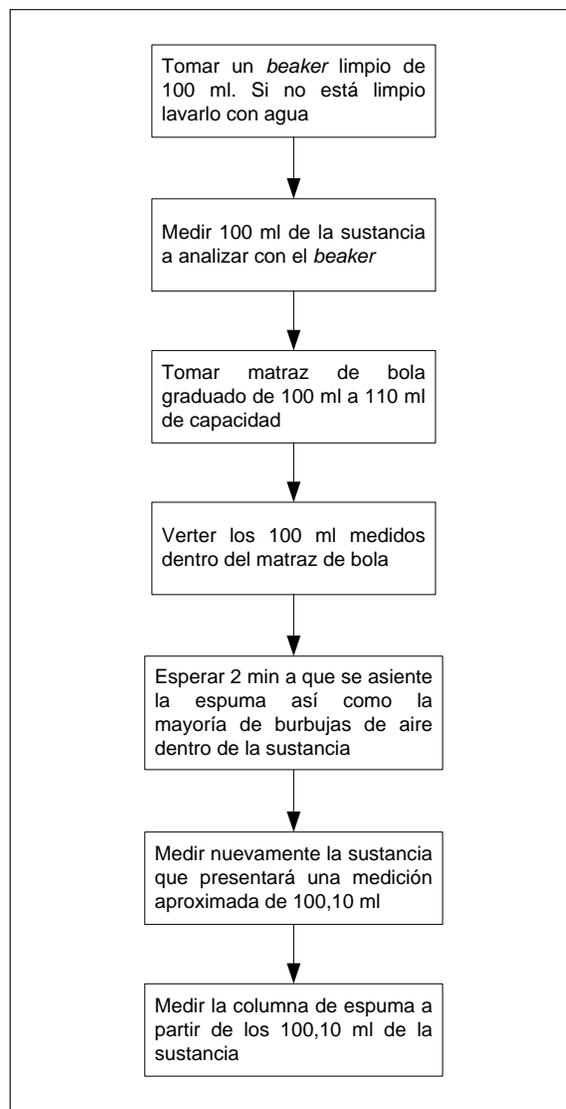
Figura 23. **Matraz de bola graduado para la medición de espuma**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

El procedimiento para la determinación de los niveles de espuma de las muestras de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos analizados, en el laboratorio LAFIQ del CII, se describe en la figura 24.

Figura 24. **Diagrama de bloques para la determinación de niveles de espuma**



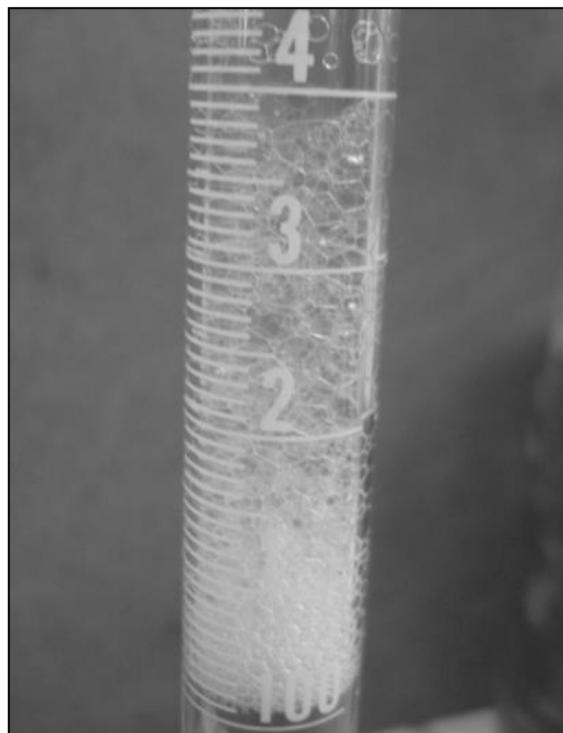
Fuente: elaboración propia.

Se presentan las mediciones de los niveles de espuma de las muestras de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos analizados según el diagrama de bloques de la figura 24. Estas mediciones fueron realizadas con base en la columna de espuma resultante al transcurrir el tiempo requerido de 2 minutos para el asentamiento de la misma en el matraz de bola graduado.

- Niveles de espuma en desinfectantes comerciales

La figura 25 representa la medición de la columna de espuma del desinfectante comercial 1. A los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 3,70 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

Figura 25. **Medición de espuma de desinfectante 1**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

La figura 26 representa la medición de la columna de espuma del desinfectante comercial 2. Como se observa en la figura, a partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma abarca 3,90 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

Figura 26. **Medición de espuma de desinfectante 2**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

La figura 27 representa la medición de la columna de espuma del desinfectante comercial 3. Como se observa en la figura, a partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 5,10 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

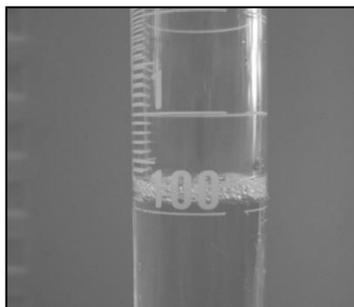
Figura 27. **Medición de espuma de desinfectante 3**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

La figura 28 representa la medición de la columna de espuma del desinfectante comercial 4. A los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 0,20 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

Figura 28. **Medición de espuma de desinfectante 4**

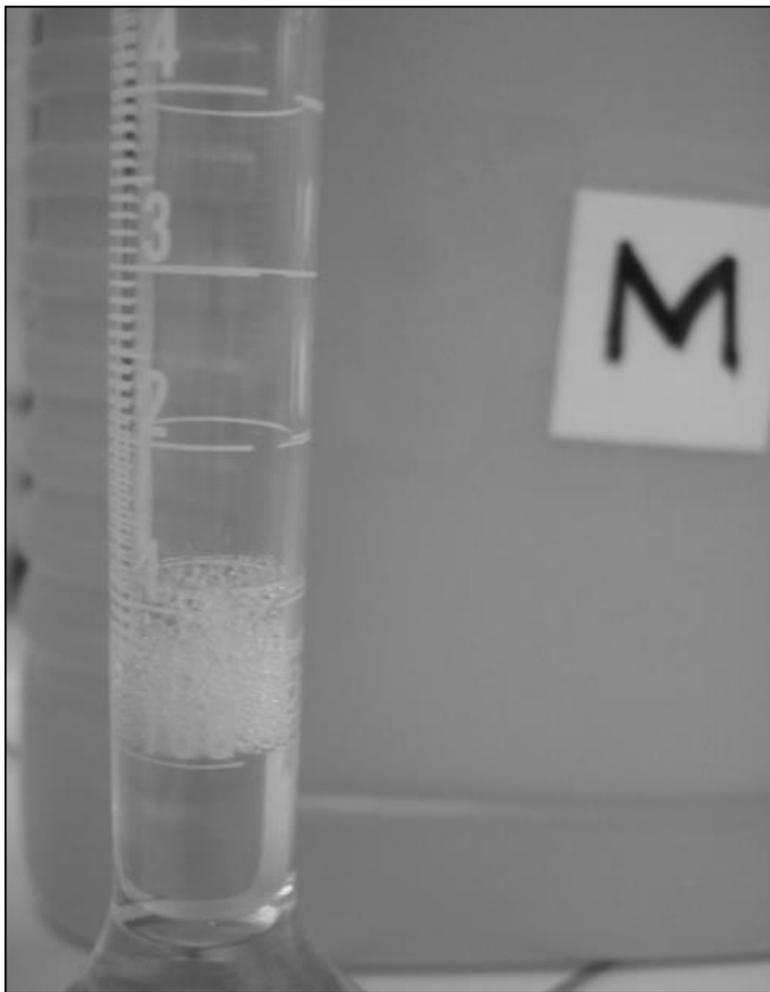


Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

- Niveles de espuma en desinfectantes elaborados

La figura 29 representa la medición de la columna de espuma del desinfectante M. Como se observa en la figura, a partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 1,00 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

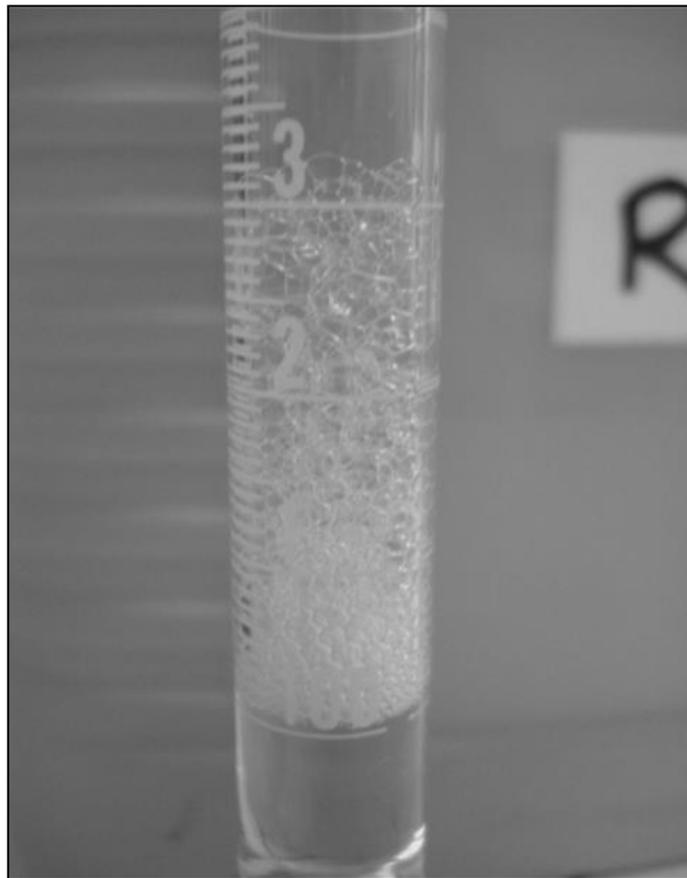
Figura 29. **Medición de espuma de desinfectante M**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

La figura 30 representa la medición de la columna de espuma del desinfectante R. A partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 3,10 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

Figura 30. **Medición de espuma de desinfectante R**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

El resumen de los niveles de espuma de los desinfectantes se presenta en la tabla XVII. Según los resultados de la tabla, los desinfectantes elaborados por los sujetos de prueba, M y R, se encuentran dentro del rango del nivel de espuma del desinfectante comercial 4.

Tabla XVII. **Niveles de espuma de desinfectantes**

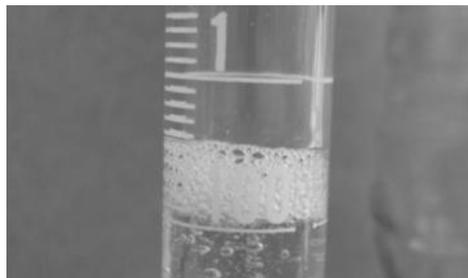
Desinfectantes analizados	Desinfectante (ml)	Espuma (ml)	Conclusión de las muestras
1	100,10	3,70	Los niveles de espuma de los desinfectantes elaborados M y R se encuentran dentro del rango de espuma del patrón comercial 4.
2	100,10	3,90	
3	100,10	5,10	
4	100,10	0,20	
M	100,10	1,00	
R	100,10	3,10	

Fuente: elaboración propia.

- **Medición de espuma en jabones líquidos antibacterianos comerciales**

La figura 31 representa la medición de la columna de espuma del jabón líquido antibacteriano comercial A. Como se observa en la figura, a partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 0,40 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

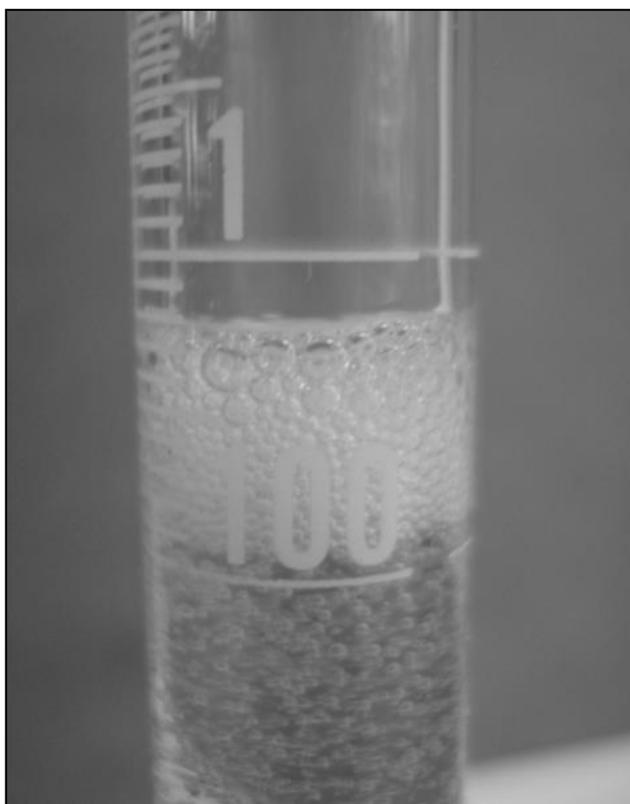
Figura 31. **Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano A**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

La figura 32 representa la medición de la columna de espuma del jabón líquido antibacteriano comercial B. A partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 0,70 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

Figura 32. **Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano B**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

La figura 33 representa la medición de la columna de espuma del jabón líquido antibacteriano comercial C. Como se observa en la figura, a partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 0,30 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

Figura 33. **Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano C**



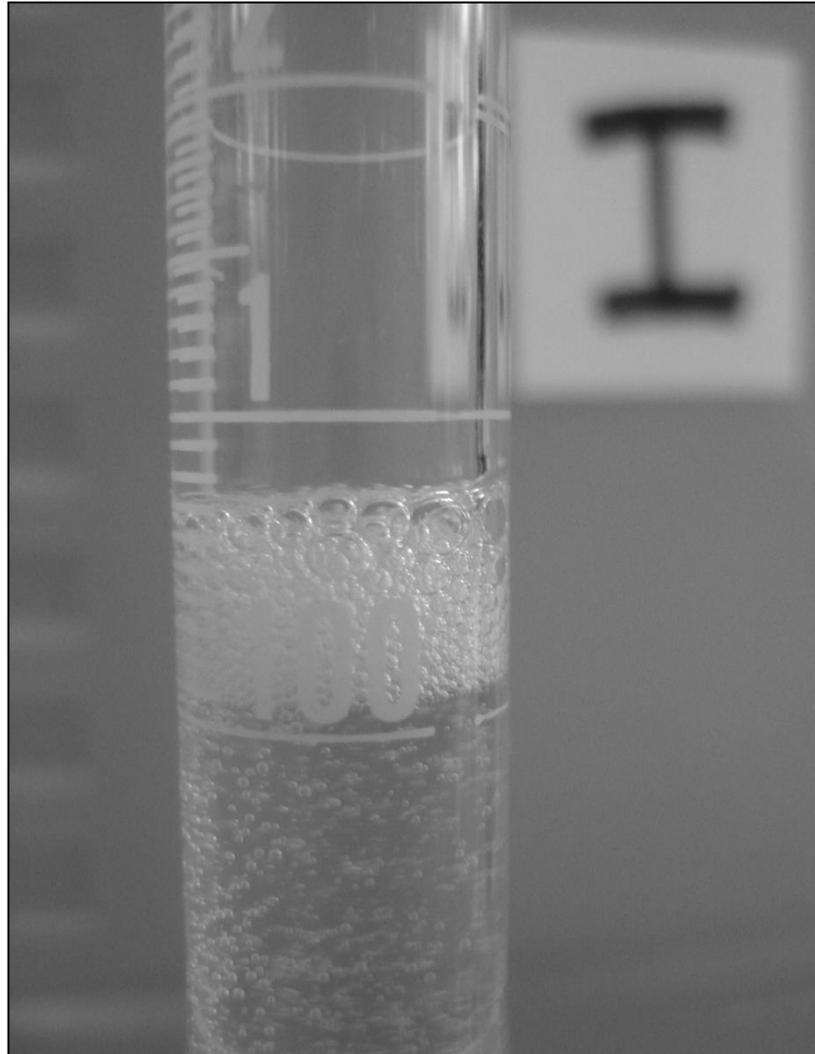
Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

- Medición de espuma en jabones líquidos antibacterianos elaborados

Para la medición de espuma en los jabones antibacterianos elaborados cabe resaltar que la medición inicial de la sustancia en ambos es de 100,10 mililitros al verterlos del *beaker* al matraz de bola graduado.

La figura 34 representa la medición de la columna de espuma del jabón líquido antibacteriano I. Como se observa en la figura, a partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 0,60 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

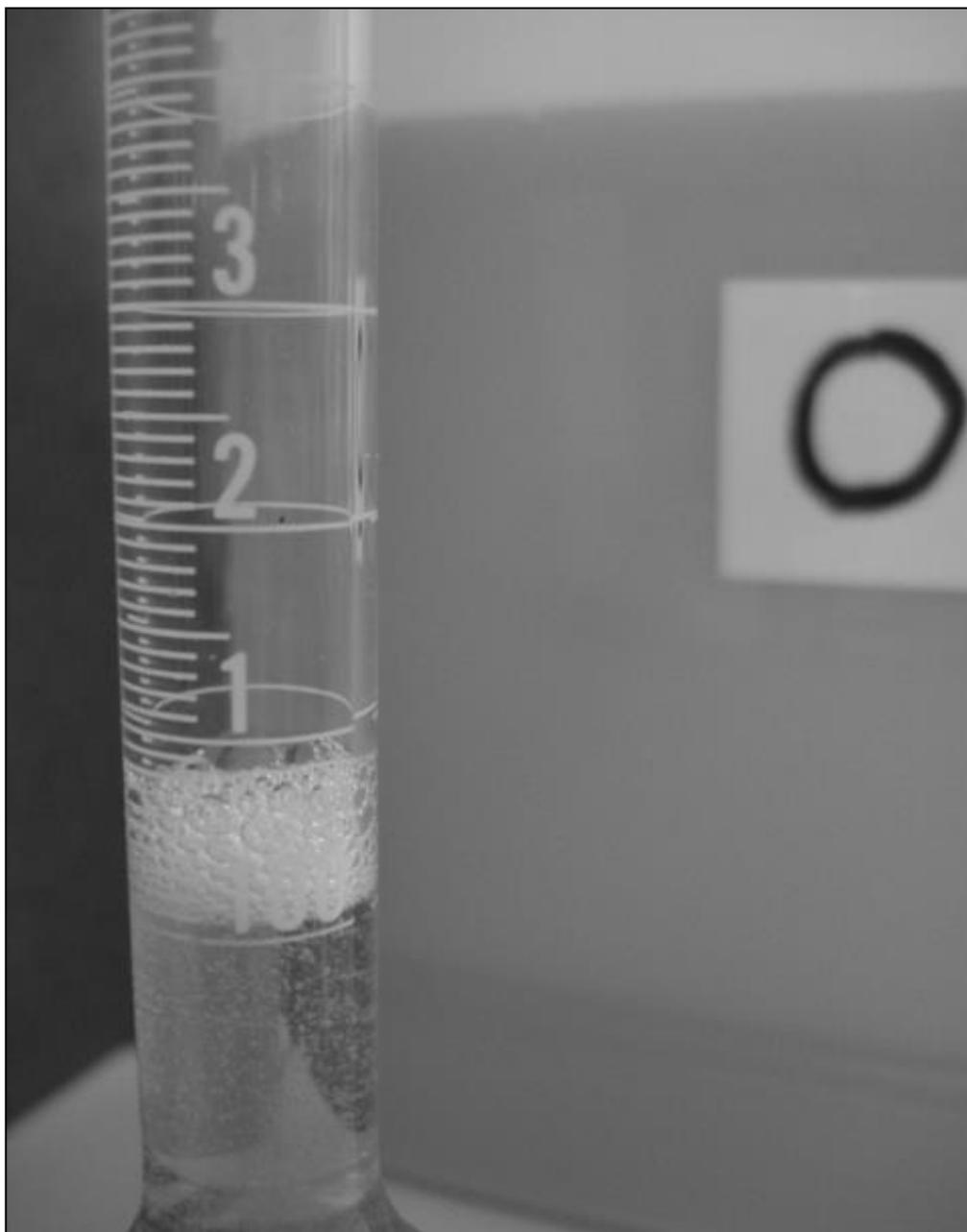
Figura 34. **Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano I**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

La figura 35 representa la medición de la columna de espuma del jabón líquido antibacteriano O. Como se observa en la figura, a partir de los 100,10 mililitros la columna de espuma es de 0,70 mililitros transcurridos los 2 minutos dentro del matraz de bola graduado.

Figura 35. **Medición de espuma de jabón líquido antibacteriano O**



Fuente: laboratorio LAFIQ, edificio T5, CII/USAC.

El resumen de los niveles de espuma de los jabones se presenta en la tabla XVIII. Según los resultados de la tabla, los jabones líquidos antibacterianos elaborados por los sujetos de prueba, I y O, se encuentran dentro del rango de niveles de espuma de los jabones líquidos antibacterianos comerciales A, B y C.

Tabla XVIII. **Niveles de espuma de jabones líquidos antibacterianos**

Jabones analizados	Jabón líquido (ml)	Espuma (ml)	Conclusión de las muestras
A	100,10	0,40	Los niveles de espuma de los jabones líquidos elaborados I y O se encuentran dentro de los rangos de los patrones comerciales A, B y C.
B	100,10	0,70	
C	100,10	0,30	
I	100,10	0,60	
O	100,10	0,70	

Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Recolección y análisis de datos del modelo

La recopilación de los datos del modelo respecto a los desinfectantes elaborados por los sujetos de prueba, así como de los patrones comerciales de desinfectantes utilizados se presenta en la tabla XIX. En el anexo 7 y anexo 8 se autorizan los valores de pH y espuma obtenidos en este estudio.

Tabla XIX. **Recopilación de datos de desinfectantes**

Productos	Desinfectantes					
	M	R	1	2	3	4
Datos						
Cantidad total de actividades	61	65	---	---	---	---
Tiempo total (s)	1 002,05	862,68	---	---	---	---
Distancia total (m)	2,84	11,13	---	---	---	---
pH	7,318	6,972	6,552	6,828	7,160	6,995
Niveles de espuma (ml)	1,00	3,10	3,70	3,90	5,10	0,20

Fuente: elaboración propia.

Según se observa en la tabla XIX, los desinfectantes M y R fueron elaborados por los sujetos de prueba con un total de 61 y 65 actividades y con un tiempo de elaboración de 1 002,05 segundos y 862,68 segundos respectivamente. La distancia total recorrida para los desinfectantes M y R es de 2,84 metros y 11,13 metros respectivamente. Ambos desinfectantes cumplen con el rango de pH de 6,0 a 10,5 de la norma COGUANOR NGO 30025 para un óptimo desempeño del amonio cuaternario, agente desinfectante utilizado. Asimismo, aunque los desinfectantes M y R satisfacen el rango del nivel de espuma del desinfectante comercial 4, presentando resultados aceptables de espuma, se sugiere incorporar más agente espumante a su formulación.

La recopilación de los datos de los jabones líquidos antibacterianos elaborados por los sujetos de prueba y los datos de los patrones comerciales de jabones líquidos antibacterianos utilizados se presenta en la tabla XX. Asimismo, en el anexo 7 y anexo 8 se autorizan los valores obtenidos de pH y espuma de estos jabones.

Tabla XX. **Recopilación de datos de jabones líquidos antibacterianos**

Productos	Jabones líquidos antibacterianos				
	I	O	A	B	C
Datos					
Cantidad total de actividades	83	81	---	---	---
Tiempo total (s)	2 227,47	2 105,17	---	---	---
Distancia total (m)	8,52	15,90	---	---	---
pH	5,350	4,589	6,801	5,558	7,740
Niveles de espuma (ml)	0,60	0,70	0,40	0,70	0,30

Fuente: elaboración propia.

Según se observa en la tabla XX, los jabones I y O, fueron elaborados por los sujetos de prueba con un total de 83 y 81 actividades y con un tiempo de elaboración de 2 227,47 segundos y 2 105,17 segundos respectivamente. La

distancia total recorrida para el jabón I es de 8,52 metros y para el jabón O es de 15,90 metros. Respecto a los niveles de espuma, los jabones I y O satisfacen por completo los niveles de espuma de los tres patrones de jabones comerciales. Sin embargo, ambos jabones no cumplen con el pH óptimo de 7,0 a 9,0 para un pH óptimo del metilparaben, agente antibacteriano utilizado, debido a la acidez alcanzada en estos jabones, por lo que se requiere una revisión en la cuantificación de los reactivos utilizados en estos jabones.

3.1.6. Resultados del modelo

En la tabla XXI se presentan los resultados del modelo del curso de Ingeniería de Plantas en función de los desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos elaborados. En general, se presentaron resultados satisfactorios y aceptables en todos los indicadores a excepción del pH obtenido en los jabones líquidos elaborados puesto que no cumplen con el pH óptimo de 7,0 a 9,0 para un pH óptimo del metilparaben, agente antibacteriano utilizado.

Tabla XXI. Resultados del modelo del curso de Ingeniería de Plantas

Indicadores dependientes	Productos elaborados desinfectantes M, R y jabones líquidos I, O	Promedio	Resultado
pH	M: pH de 7,318 R: pH de 6,972 I: pH de 5,350 O: pH de 4,589	M,R: 7,145 I,O: 4,970	Desinfectantes: pH satisfactorio Jabones líquidos: pH insatisfactorio

Continuación de la tabla XXI.

Niveles de espuma (ml)	M: 1,00 ml R: 3,10 ml I: 0,60 ml O: 0,70 ml	M,R: 2,05 ml I,O: 0,65 ml	Desinfectantes: aceptable Jabones líquidos: satisfactorio
Diagramas de procesos (según los DFP)	Cantidad total de actividades: M: 61, R: 65 I: 83, O: 81	M,R: 63 I,O: 82	Desinfectantes: aceptable Jabones líquidos: aceptable
	Tiempo total: M: 1 002,05 s R: 862,68 s I: 2 227,47 s O: 2 105,17 s	M,R: 932,36 s M,R: 15,54 min I,O: 2 166,32 s I,O: 36,11 min	Desinfectantes: aceptable Jabones líquidos: aceptable
	Tiempo de demora: M: 89,40 s R: 91,32 s I: 334,43 s O: 131,83 s	M,R: 90,36 s M,R: 1,51 min I,O: 233,13 s I,O: 3,89 min	Desinfectantes: aceptable Jabones líquidos: aceptable
	Distancia total: M: 2,84 m R: 11,13 m I: 8,52 m O: 15,90 m	M,R: 6,98 m I,O: 12,21 m	Desinfectantes: aceptable Jabones líquidos: aceptable

Fuente: elaboración propia.

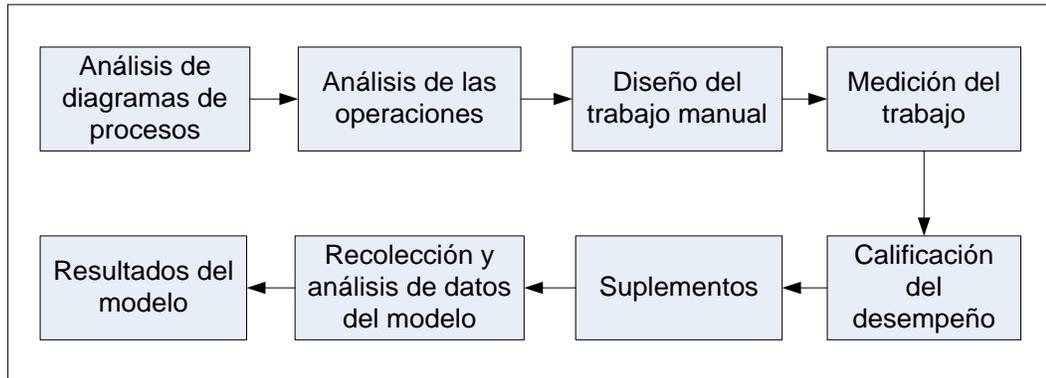
Como se observa en la tabla XXI, la elaboración artesanal de 1 galón de desinfectante requiere de un promedio de 63 actividades y un tiempo promedio de 15,54 minutos, para su elaboración con resultados satisfactorios y aceptables de pH y espuma, así como demoras mínimas observadas en los diagramas de procesos.

El jabón líquido requiere de un tiempo mayor, con 36,11 minutos y 82 actividades. Sin embargo, estos jabones presentan valores de pH menores al rango de pH de 7,0 a 9,0 para un pH óptimo del metilparaben, agente antibacteriano utilizado. Asimismo, los jabones líquidos antibacterianos presentan un promedio de demora de 3.89 minutos en su elaboración, lo que aumenta los gastos de fabricación de los mismos. Por consiguiente, se requiere de una revisión tanto en la cuantificación de los reactivos como en la formulación de los procedimientos para la elaboración de estos jabones, ver página 117, en la columna de jabones líquidos, para el análisis de dicha revisión.

3.2. Modelo constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos

El diseño de un modelo según la metodología constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos, en el CII, se ha formulado en función de la elaboración artesanal de productos de limpieza, siendo éstos desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos en presentaciones de 1 galón respectivamente. Para ello, se cuenta con la realización de distintas fases para el diseño del modelo como lo muestra la figura 36.

Figura 36. **Fases para el modelo en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 36 se muestran las distintas fases para el diseño del modelo en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos. Estas fases contemplan el análisis de diagramas de procesos, el análisis de las operaciones, el diseño del trabajo manual, la medición del trabajo, la calificación del desempeño, los suplementos, la recolección y análisis de datos del modelo, así como los resultados del mismo.

3.2.1. **Análisis de diagramas de procesos**

En este apartado se determina la productividad de los productos elaborados por los grupos de sujetos de prueba, siendo éstos los desinfectantes M y R, así como los jabones líquidos antibacterianos I y O. Para determinar la productividad de cada producto elaborado por los sujetos de prueba se hace uso de la fórmula de la figura 37.

Como se observa en la figura 37, el tiempo total en segundos representa el tiempo total en las respectivas tablas resumen de los DFP de cada producto elaborado. Asimismo, las dimensionales de esta fórmula están dadas en galones/ hora*hombre.

Figura 37. **Fórmula de productividad**

$$\text{Productividad} = \frac{1 \text{ gal de producto}}{(2 \text{ estudiantes/grupo}) (\text{tiempo total en s}) (1 \text{ h}/3600 \text{ s})}$$

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXII se observa tanto el tiempo total y la productividad de cada producto elaborado.

Tabla XXII. **Productividad de los productos elaborados**

Productos Datos	Desinfectantes		Jabones líquidos	
	M	R	I	O
Tiempo total (s)	1 002,05	862,68	2 227,47	2 105,17
Productividad (gal/ h* hombre)	2,84	11,13	8,52	15,90

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Análisis de las operaciones

Para el análisis de las operaciones en la producción de desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos, se contemplan los nueve enfoques principales del análisis de la operación según Benjamin Niebel, profesor emérito de Ingeniería Industrial de la Universidad del estado de Pensilvania, en su obra: Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo.

Los nueve enfoques, según Niebel, los constituyen el propósito de la operación, el diseño de partes, las tolerancias y especificaciones, el material, la secuencia y procesos de manufactura, las preparaciones y herramientas, el manejo de materiales, la distribución de maquinaria y equipo y el diseño del trabajo.

La tabla XXIII representa el análisis efectuado a los productos elaborados con base en estos nueve enfoques.

Tabla XXIII. **Enfoques principales del análisis de la operación**

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Propósito de la operación	Producción y llenado de galones de desinfectante para pisos.	Producción y llenado de galones de jabón líquido antibacteriano para manos.
Diseño de la pieza	Galones de desinfectante.	Galones de jabón líquido antibacteriano.

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Tolerancias y especificaciones	<p>Los galones deben contener 3785 ml del producto elaborado y estar provistos del tapón de rosca, del sello protector de dicho tapón y de una etiqueta autoadhesiva que los identifiquen.</p> <p>Asimismo, según la norma COGUANOR NGO 30025, su clasificación es la siguiente: detergente desinfectante basado en compuestos de amonio cuaternario, clasificación tipo 1.</p>	<p>Los galones deben contener 3785 ml del producto elaborado y estar provistos del tapón de rosca, del sello protector de dicho tapón y de una etiqueta autoadhesiva que los identifiquen.</p> <p>Según la norma de referencia 8520-1D la clasificación para este tipo de jabón líquido antibacteriano es: jabón líquido para manos, tipo B, clase 1.</p>

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Tolerancias y especificaciones	<p>El detergente desinfectante basado en compuestos cuaternarios de amonio debe ser bactericida contra los principales agentes patógenos:</p> <p><i>Pseudomona aeruginosa,</i> <i>Salmonella choleraesuis,</i> <i>Staphylococcus aureus</i></p> <p>y ser fungicida contra <i>Trichophyton mentagrophytes.</i></p> <p>Asimismo, este tipo de desinfectante debe cumplir con un rango de pH de 6,0 a 10,5 según dicha norma.</p>	<p>Puesto que la norma consultada no indica los agentes patógenos para los cuales este jabón debe ser bactericida, se recomienda un análisis antibacteriano contra:</p> <p><i>Pseudomona aeruginosa, Salmonella choleraesuis</i> y <i>Staphylococcus aureus.</i></p> <p>Dado que el agente antibacteriano de este jabón líquido para manos lo constituye el reactivo metilparaben, este jabón líquido debe cumplir con el pH óptimo de dicho reactivo, siendo éste un pH comprendido entre el rango de 7,0 a 9,0.</p>

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Material	<p>Lo conforman reactivos químicos, un envase plástico de gal con tapón de rosca provisto con sello protector y su etiqueta autoadhesiva. Los reactivos químicos para la elaboración de desinfectante son los siguientes reactivos: nonilfenol, alcohol isopropílico, amonio cuaternario, propilenglicol, colorante vegetal, fragancia y agua, en las dosis descritas en la tabla VII.</p>	<p>Lo conforman reactivos químicos, un envase plástico de gal con tapón de rosca provisto con sello protector y una etiqueta autoadhesiva. Los reactivos químicos para la elaboración de jabón líquido son: texapon, cloruro de sodio, metilparaben, glicerina, colorante vegetal, fragancia y agua, en las dosis descritas en la tabla IX, a excepción del cloruro de sodio cuya dosis debe ser reducida.</p>

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Material	<p>Con las dosis respectivas de los reactivos utilizados, los desinfectantes M y R alcanzan niveles satisfactorios de pH.</p> <p>Asimismo, el nivel de espuma de estos desinfectantes es satisfactorio según la dosis de los reactivos y metodología para la elaboración de los mismos.</p>	<p>Debe reducirse la dosis del cloruro de sodio a 150 g dado que su dosis actual contribuye al incremento de acidez en el pH del jabón; según los análisis de pH efectuados y registros de dosificación de distintas formulaciones para jabón de la Sección de Gestión de la Calidad del CII. (Anexo 9).</p> <p>El nivel de espuma en estos jabones es satisfactorio según la dosis de los reactivos y metodología utilizada en la elaboración de los mismos.</p>

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Proceso de manufactura	<p>La producción artesanal del producto y el llenado del mismo en galones se realiza de forma manual en una misma estación de trabajo provista de un lavadero. Se disponen de dos estaciones de trabajo con dos lavadores en funcionamiento en el área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini.</p>	
Preparación de herramientas y patrones	<p>Para la elaboración artesanal del producto son requeridos los respectivos materiales de laboratorio que constituyen los instructivos para la elaboración de los productos así como las herramientas e instrumentos referentes a los materiales y equipo descritos en los subcapítulos 2.1.1.1 y 2.1.2.1.</p> <p>Asimismo, se dispone de una inducción previa para el uso de estas herramientas e instrumentos para el manejo de los reactivos en el subcapítulo 2.2.1.2., normas para el manejo de sustancias, las cuales se enfocan primordialmente en el adecuado uso de estos instrumentos de medición.</p>	

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Manejo de materiales	<p>Además de la inducción previa para el manejo de estas sustancias en el subcapítulo 2.2.1.2, se dispone de los procedimientos para el manejo de éstas durante el proceso de elaboración de desinfectante en la tabla VIII.</p> <p>Todos los reactivos pueden fácilmente medirse dado que son de consistencia líquida por lo que hace más rápido y cómodo al sujeto trabajar con ellos durante el proceso de producción.</p>	<p>Además de la inducción previa para el manejo de estas sustancias en el subcapítulo 2.2.1.2, se dispone de los procedimientos para el manejo de éstas durante el proceso de elaboración del jabón líquido antibacteriano en la tabla X.</p> <p>Dado que dos de los reactivos utilizados, texapon y cloruro de sodio, son de consistencia viscosa, el primero y granular, el segundo, incrementan los tiempos de medición y mezclado para incorporarse en la mezcla homogénea.</p>

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Manejo de materiales	<p>El llenado del desinfectante recién elaborado presenta cierta dificultad debido a la generación de espuma al verterlo desde la cubeta al gal, por lo que se propone un método de llenado más eficiente mediante el uso del <i>beaker</i> de polipropileno de 1000 ml.</p> <p>Este método de llenado consiste en verter cada 1000 ml de desinfectante hasta completar los 3785 ml que debe contener el gal, minimizando así la cantidad de espuma.</p>	<p>Asimismo, respecto a la incorporación de agua en la mezcla homogénea de los reactivos, es requerido verter cada 1000 ml de agua muy lentamente mientras se mezclan manualmente para garantizar su adecuada incorporación al resto de la mezcla de reactivos.</p> <p>El llenado del jabón líquido recién elaborado se dificulta por la generación de espuma al verterlo desde la cubeta al gal, por lo que se propone el método de llenado con el <i>beaker</i> de polipropileno de 1000 ml.</p>

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Distribución de maquinaria y equipo	<p>Dado que la elaboración de los productos es artesanal, no se dispone de maquinaria ni automatización del proceso productivo. Los operarios únicamente cuentan con los respectivos materiales de laboratorio y reactivos proporcionados por la Sección de Gestión de la Calidad del CII, así como las instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini con previa autorización del CII para un área de trabajo con su respectivo lavadero que proporciona el agua para la elaboración de los productos.</p> <p>Actualmente, este laboratorio tiene en funcionamiento dos de los tres lavadores disponibles en el área didáctica del laboratorio.</p> <p>Para el análisis de pH y espuma de los mismos se dispone de las instalaciones de LAFIQ con la respectiva autorización del CII.</p>	
Condiciones de trabajo	<p>La posición para la elaboración manual de los productos es de pie con una altura de la superficie de trabajo de 0,87 m desde el nivel del piso.</p>	

Continuación de la tabla XXIII.

Productos Enfoques	Desinfectantes M y R	Jabones líquidos I y O
Condiciones de trabajo	<p>Asimismo, es requerido que los sujetos utilicen todo el equipo de protección para la seguridad personal. Para fines de este estudio, las batas de laboratorio, gafas protectoras y guantes de laboratorio son proporcionados por la Sección de Gestión de la Calidad del CII.</p> <p>Si se aumenta el número de estudiantes dentro del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini, cada estudiante debe llevar su respectiva bata, calzado cerrado, gafas protectoras, un par de guantes de laboratorio y una mascarilla para poder ingresar y hacer uso de las instalaciones de este laboratorio.</p> <p>Cabe resaltar que la iluminación y la ventilación en las instalaciones del laboratorio son adecuadas para la realización de estos productos.</p>	

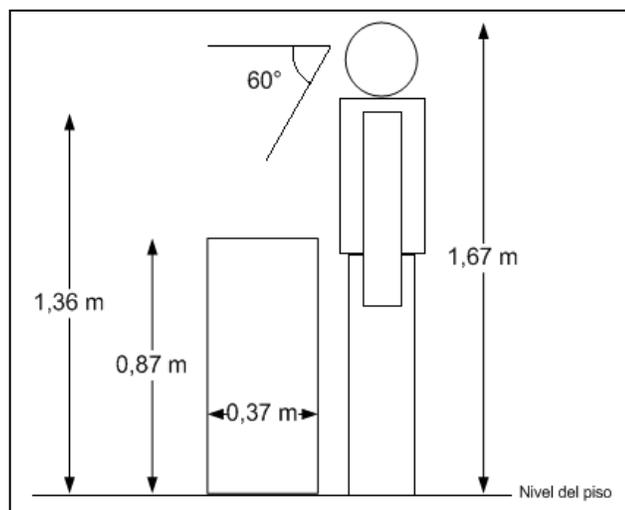
Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Diseño del trabajo manual

El diseño del trabajo manual, para este estudio, se realiza con base en las capacidades y limitaciones humanas dadas las operaciones manuales en la elaboración artesanal de desinfectante y jabón líquido antibacteriano.

Se dispone de dos estaciones de trabajo dados los dos lavaderos en funcionamiento de los tres disponibles dentro del área didáctica de las instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini. Por consiguiente, los sujetos cuentan con dos estaciones de trabajo de pie con una altura de la superficie de trabajo de 0,87 metros desde el nivel del piso, un ancho de la superficie de trabajo de 0,37 metros, y una altura para el trabajo manual desde 0,87 metros y 1,36 metros aproximadamente; ambas alturas desde el nivel del piso. En la figura 38 se muestran estas dimensiones de la estación de trabajo.

Figura 38. Dimensiones actuales de la estación de trabajo de pie



Fuente: elaboración propia.

La figura 39 muestra las dos estaciones de trabajo dentro del área didáctica de las instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini. Ambas estaciones están provistas de su respectivo lavadero, elemental para el suministro de agua como reactivo en la formulación de ambos productos. Como se observa en la figura, los sujetos encargados de la elaboración de los productos permanecen de pie durante aproximadamente 15,54 minutos para la elaboración artesanal de desinfectante y 36,11 minutos para la elaboración artesanal del jabón líquido; tiempos promedio según los DFP de ambos productos.

Figura 39. Estaciones de trabajo dentro del área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

En la figura 39, los sujetos ubicados en los extremos realizan la toma de tiempos durante el proceso de elaboración de cada producto. Asimismo, los sujetos encargados de la elaboración del producto mantienen, durante la mayor parte del proceso de producción de desinfectante y jabón líquido antibacteriano, una línea de vista de 60 grados debajo de la horizontal. Este ángulo es superior a los 15 grados, debajo de la horizontal, recomendados. En la figura 40 se observa una toma de la línea de vista de 60 grados en ambos sujetos.

Figura 40. Línea de vista de los sujetos



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

Cabe señalar que en la realización de los transportes de materia prima y en demoras causadas por distracciones, los sujetos mantienen una línea de vista normal de 15 grados debajo de la horizontal. Sin embargo, si esta muestra de sujetos realizara este proceso de producción durante una jornada laboral de

8 horas diarias, es necesario considerar una elevación en la superficie de trabajo para minimizar la vista fija y disminuir los 60 grados actuales, preferiblemente, hasta los 15 grados debajo de la horizontal para evitar posibles lesiones anatómicas y aumento de demoras por fatiga en una jornada laboral.

No obstante, en ambos modelos constructivistas, cada grupo de estudiantes para el curso de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos, únicamente producirá 1 galón de desinfectante y 1 galón de jabón líquido antibacteriano por lo que son despreciables las posibles modificaciones a la superficie de trabajo actual en las instalaciones de este laboratorio.

Asimismo, dado el uso de herramientas y material de laboratorio liviano, los sujetos utilizan poca fuerza al realizar las tareas manuales que involucran desde movimientos precisos o de control motriz fino, como en la medición de los reactivos mediante el uso de *beakers*, probetas y pipetas, hasta movimientos de control motriz moderado presentes al verter el producto terminado dentro del envase de 1 galón de presentación. Cabe resaltar que durante este llenado, los sujetos, encargados de la elaboración del producto, requieren ser auxiliados puesto que éstos deben sujetar un embudo con una mano y un colador con la mano restante sobre el orificio del envase mientras su compañero vierte el producto al envase de presentación.

3.2.4. Procedimientos para la medición del trabajo

Los procedimientos para la medición del trabajo en este estudio incluyen la determinación del Tiempo Cronometrado (TC) promedio, el Factor de Calificación (FC), el Factor de Actuación (FA), el TN y el TE en el proceso de elaboración de los desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos elaborados.

El cálculo del TC promedio por operación de cada producto elaborado es realizado con base en el tiempo total obtenido en los DFP y la cantidad total de actividades de los mismos. La figura 41 muestra este cálculo.

Figura 41. **Fórmula del TC promedio**

$$\text{TC promedio} = \frac{\text{tiempo total en s}}{\text{cantidad total de actividades}}$$

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXIV muestra el TC promedio por operación para los desinfectantes M y R, siendo de 16,43 segundos y 13,27 segundos respectivamente. Los jabones líquidos I y O presentan un TC promedio por operación de 26,84 segundos y 25,99 segundos respectivamente.

Tabla XXIV. **TC promedio de los productos elaborados**

Productos Datos	Desinfectantes		Jabones líquidos	
	M	R	I	O
Tiempo total (s)	1 002,05	862,68	2 227,47	2 105,17
Total de actividades	61	65	83	81
TC promedio (s)	16,43	13,27	26,84	25,99

Fuente: elaboración propia.

El cálculo del FC en el proceso de producción de cada producto es realizado con base en la sumatoria de cuatro factores del sistema de calificación Westinghouse con base en las habilidades, esfuerzo, condiciones de trabajo y consistencia del sujeto. La figura 42 muestra el cálculo del FC de los sujetos encargados de la elaboración de los productos.

Figura 42. **Fórmula del FC**

$FC = \text{habilidades} + \text{esfuerzo} + \text{condiciones} + \text{consistencia}$
--

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXV muestra el FC de los sujetos de prueba con base en la fórmula anterior y las tablas respectivas para la calificación de los sujetos según los parámetros del sistema de calificación Westinghouse contenidos en la tabla XXIX para la calificación de las habilidades, la tabla XXX para la calificación del esfuerzo, la tabla XXXI para la calificación de las condiciones de trabajo y la tabla XXXII para la calificación de la consistencia del sujeto.

Tabla XXV. **FC de los productos elaborados**

Productos	Desinfectantes		Jabones líquidos	
	M	R	I	O
Datos				
Habilidades	0,03	0,06	0,03	0,06
Esfuerzo	0,05	0,02	0,05	0,05

Continuación de la tabla XXV.

Productos Dios	Desinfectantes		Jabones líquidos	
	M	R	I	O
Condiciones	-0,03	0,00	0,00	0,00
Consistencia	0,00	0,01	0,01	0,01
FC	0,05	0,09	0,09	0,12

Fuente: elaboración propia.

El FC de los sujetos de prueba encargados de la elaboración de los desinfectantes M y R presentan valores de 0,05 y 0,09 respectivamente. Asimismo, el sujeto encargado de la elaboración del jabón líquido antibacteriano I y el sujeto encargado de la elaboración del jabón líquido antibacteriano O presentan valores de 0,09 y 0,12 respectivamente.

Al determinar el FC en cada producto, se procede al cálculo del FA. La figura 43 muestra la fórmula utilizada para determinar el FA de los sujetos encargados de la elaboración de los productos.

Figura 43. **Fórmula del FA**

$$FA = 1 \pm FC$$

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXVI muestra el FA de los sujetos de prueba con base en la fórmula anterior. El FA de los sujetos de prueba encargados de la elaboración de los desinfectantes M y R presentan valores de 1,05 y 1,09 respectivamente. Asimismo, el sujeto encargado de la elaboración del jabón líquido antibacteriano I y el sujeto encargado de la elaboración del jabón líquido antibacteriano O presentan valores de 1,09 y 1,12 respectivamente.

Tabla XXVI. **FA de los productos elaborados**

Productos Datos	Desinfectantes		Jabones líquidos	
	M	R	I	O
FC	0,05	0,09	0,09	0,12
FA	1,05	1,09	1,09	1,12

Fuente: elaboración propia.

Al determinar el FA, se procede al cálculo del TN por operación en el proceso de producción de cada producto elaborado por los sujetos de prueba. La figura 44 muestra la fórmula utilizada para el cálculo del TN por operación de los productos en cuestión.

Figura 44. **Fórmula del TN**

$$TN = TC \text{ promedio} * FA$$

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXVII muestra el TN por operación con base en la fórmula anterior. El TN por operación para los desinfectantes elaborados por los sujetos de prueba es de 17,25 segundos y 14,46 segundos para los desinfectantes M y R respectivamente. Los jabones líquidos presentan un TN por operación de 29,26 segundos y 29,11 segundos para los jabones I y O respectivamente.

Tabla XXVII. **TN de los productos elaborados**

Productos	Desinfectantes		Jabones líquidos	
	M	R	I	O
Datos				
TC promedio (s)	16,43	13,27	26,84	25,99
FA	1,05	1,09	1,09	1,12
TN (s)	17,25	14,46	29,26	29,11

Fuente: elaboración propia.

Luego de determinar el TN, se procede al cálculo del TE por operación en el proceso de producción de cada producto elaborado por los sujetos de prueba. El cálculo respectivo es realizado con base en el TN por operación y los suplementos o concesiones aplicadas para una jornada de trabajo. Asimismo, se aplican los suplementos constantes personales, equivalentes a 0,05 y los suplementos de fatiga, equivalentes a 0,04, así como el suplemento variable de los sujetos por estar de pie, equivalente a 0,02, durante todo el proceso de producción. Los suplementos o concesiones se detallan en la figura 36.

La figura 45 muestra la fórmula utilizada para el cálculo del TN por operación de los productos, en donde las concesiones son expresadas con valores decimales.

Figura 45. **Fórmula del TE**

$$TE = TN (1 + \text{concesiones})$$

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXVIII muestra el TE por operación con base en la fórmula anterior. El TE por operación para los desinfectantes elaborados por los sujetos de prueba es de 17,25 segundos y 14,46 segundos para los desinfectantes M y R respectivamente. Los jabones presentan un TE por operación de 29,26 segundos y 29,11 segundos para los jabones I y O.

Tabla XXVIII. **TE de los productos elaborados**

Productos Datos	Desinfectantes		Jabones líquidos	
	M	R	I	O
TN (s)	17,25	14,46	29,26	29,11
Concesiones	0,11	0,11	0,11	0,11
TE (s)	19,15	16,05	32,48	32,31

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, la figura 46 muestra la fórmula utilizada para el cálculo de la eficiencia del sistema de producción de desinfectante y el cálculo de la eficiencia del jabón líquido antibacteriano. En la fórmula, la sumatoria de TE es expresada en segundos al igual que el denominador, en el cual la sumatoria de TE permitido lo constituye el TE más lento multiplicado por el número de sujetos en todo el sistema según el producto a analizar.

Figura 46. **Fórmula de la eficiencia del sistema de producción**

$$\text{Eficiencia del sistema} = \frac{\sum \text{TE}}{\sum \text{TE permitido}} * 100$$

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla XXVIII, el TE más lento en la elaboración de desinfectantes es de 19,15 segundos por lo que al multiplicarlo por el número de sujetos de la muestra de este estudio, 4, se obtiene una sumatoria de TE permitido de 76,60 segundos. De igual forma, el TE más lento en los jabones es de 32,48 segundos y al multiplicarlo por el número de sujetos de la muestra, 4, se obtiene una sumatoria de TE permitido de 129,92 segundos.

Al realizar la sumatoria de TE de los desinfectantes M y R se obtiene un valor de 35,20 segundos, el cual se divide entre los 76,60 segundos, obteniendo así, una eficiencia en los desinfectantes de 0,4595, equivalente a una eficiencia del 45,95 por ciento en el sistema de producción artesanal de desinfectantes.

Asimismo, con la sumatoria de TE de los jabones líquidos I y O se obtiene un valor de 64,79 segundos, el cual se divide entre los 129,92 segundos, obteniendo así, una eficiencia en los desinfectantes de 0,4987, equivalente a una eficiencia del 49,87 por ciento en el sistema de producción artesanal de jabones líquidos antibacterianos.

3.2.5. Calificación del desempeño

La calificación del desempeño de los sujetos de prueba se realiza con base al sistema de calificación Westinghouse que considera cuatro factores al evaluar la actuación de los sujetos durante el trabajo realizado. Los cuatro factores los constituyen la habilidad, el esfuerzo, las condiciones de trabajo y la consistencia de los sujetos.

Este sistema de calificación trabaja con valores decimales que se traducen luego a valores en porcentaje equivalentes donde el valor superior en cada tabla corresponde a la calificación de sujetos cuya habilidad, esfuerzo, condiciones o consistencia es excesiva, en contraste a los valores inferiores de las tablas que denotan grados deficientes en dichos factores.

En la tabla XXIX, se muestra el sistema de calificación de habilidades utilizado para la evaluación de las destrezas de los sujetos de prueba encargados de la elaboración de desinfectante y jabón líquido antibacteriano. Cabe resaltar que la habilidad aumenta a mayor experiencia y familiaridad con el trabajo que se realice. Los sujetos de prueba presentan valores de 0,03 y 0,06 en la elaboración de desinfectante y jabón líquido antibacteriano, lo que corresponde a un grado de habilidad bueno según este sistema.

Tabla XXIX. **Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse**

+ 0.15	A1	Superior
+ 0.13	A2	Superior
+ 0.11	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.05	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Malo
- 0.22	F2	Malo

Fuente: Lowry, et al. (1940), pág. 233.

Fuente: NIEBEL, B. Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo. p. 415.

En la tabla XXX, se muestra el sistema de calificación de esfuerzo utilizado para la evaluación del empeño que denota la rapidez con la que los sujetos aplican las habilidades para trabajar con eficiencia en la elaboración de desinfectante y jabón líquido antibacteriano. Los sujetos de prueba presentan valores de 0,05 y 0,02 en la elaboración de desinfectante y valores de 0,05 en la elaboración de jabón líquido antibacteriano, lo que corresponde a un grado de esfuerzo bueno según este sistema.

Tabla XXX. **Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse**

+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.04	E1	Aceptable
- 0.08	E2	Aceptable
- 0.12	F1	Malo
- 0.17	F2	Malo

Fuente: S. M. Lowry, et al. (1940) p. 233.

Fuente: NIEBEL, B. Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo. p. 416.

En la tabla XXXI, se muestra el sistema de calificación de condiciones utilizado para la evaluación de las condiciones de trabajo que afectan al operario tales como la temperatura, ventilación, iluminación y niveles de ruido en la elaboración de desinfectante y jabón líquido antibacteriano.

Tabla XXXI. **Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse**

+ 0.06	A	Ideal
+ 0.04	B	Excelente
+ 0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.03	E	Aceptable
- 0.07	F	Malo

Fuente: S. M. Lowry, et al. 1940, p233.

Fuente: NIEBEL, B. Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo. p. 416.

Las condiciones de trabajo, en las dos estaciones de trabajo dentro del área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini, presentan valores de -0,03 y 0,00 en la elaboración de desinfectante y valores de 0,00 en la elaboración de jabón líquido antibacteriano lo que corresponde a un grado de condiciones de trabajo desde aceptables a promedio según este sistema.

En la tabla XXXII se muestra el sistema de calificación de consistencia de los sujetos en la elaboración de desinfectante y jabón líquido antibacteriano.

Tabla XXXII. **Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse**

Tabla 10-5 Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse		
+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.03	B	Excelente
+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
- 0.02	E	Aceptable
- 0.04	F	Mala

Fuente: S. M. Lowry, et al. (1940) p. 233.

Fuente: NIEBEL, B. Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo. p. 417.

Los sujetos de prueba, encargados de la elaboración del producto, presentan valores de 0,00 y 0,01 en la elaboración de desinfectante y valores de 0,01 en la elaboración de jabón líquido antibacteriano lo que corresponde a un grado de consistencia desde promedio a buena según este sistema.

Cabe resaltar que el sistema de calificación Westinghouse trabaja con valores decimales que se traducen luego a valores en porcentaje equivalentes donde el valor superior en cada tabla corresponde a la calificación de sujetos cuya habilidad, esfuerzo, condiciones o consistencia es excesiva, en contraste a los valores inferiores de las tablas que denotan grados deficientes en dichos factores.

3.2.6. Suplementos

Los suplementos consideran las interrupciones, demoras, y disminuciones del ritmo dada la fatiga que presente toda operación. Éstos pueden dividirse en suplementos constantes y suplementos variables. Se debe proporcionar un mínimo de 9 por ciento a 10 por ciento de suplementos constantes.

Los suplementos constantes son elementales dado que involucran las necesidades personales del sujeto. Estos suplementos se dividen en suplementos personales y suplementos por fatiga básica.

Las necesidades personales contemplan suspensiones del trabajo vitales para conservar el bienestar del sujeto, como el ingerir alimentos, beber agua y utilizar los servicios sanitarios durante una jornada de trabajo. Estas necesidades equivalen a un suplemento personal de 5 por ciento. Los suplementos por fatiga básica contemplan suspensiones del trabajo al considerar la energía consumida para realizar el trabajo. Estos suplementos equivalen a un suplemento de 4 por ciento puesto que proporcionan tiempo al sujeto de recuperarse de la fatiga producida en una jornada normal de 8 horas. Cabe resaltar que los factores más influyentes en la fatiga incluyen: las condiciones de trabajo, la naturaleza del trabajo y la salud del sujeto.

Este 9 por ciento es un suplemento inicial constante al que pueden ser agregados suplementos variables, según sea la naturaleza del trabajo asignado al sujeto en el proceso de producción.

La descripción de los suplementos constantes y variables, así como sus respectivos valores tabulados en porcentajes son presentados por la International Labour Office (ILO) en la tabla XXXIII.

Tabla XXXIII. Suplementos recomendados por ILO

Tabla 11-2 Suplementos recomendados por ILO	
A Suplementos constantes:	
1. Suplemento personal	5
2. Suplemento por fatiga básica	4
B. Suplementos variables:	
1. Suplemento por estar de pie	2
2. Suplemento por posición anormal:	
a. un poco incómoda	0
b. incómoda (agachado)	2
c. muy incómoda (tendido, estirado)	7
3. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar):	
Peso levantado, en libras:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Mala iluminación:	
a. un poco abajo de la recomendada	0
b. bastante menor que la recomendada	2
c. muy inadecuada	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad) – variable	0-100
6. Atención requerida:	
a. trabajo bastante fino	0
b. trabajo fino o preciso	2
c. trabajo muy fino y muy preciso	5
7. Nivel de ruido:	
a. continuo	0
b. intermitente –fuerte	2
c. intermitente –muy fuerte	5
d. de tono alto –fuerte	5
8. Estrés mental:	
a. proceso bastante complejo	1
b. atención compleja o amplia	4
c. muy compleja	8
9. Monotonía:	
a. nivel bajo	0
b. nivel medio	1
c. nivel alto	4
10. Tedio:	
a. algo tedioso	0
b. tedioso	2
c. muy tedioso	5

Fuente: NIEBEL, B. Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo. p. 437.

En la tabla XXXIV se muestran los suplementos constantes y variables utilizados para las concesiones referentes a la elaboración artesanal de desinfectante y jabón líquido antibacteriano en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini.

Tabla XXXIV. **Concesiones o suplementos totales utilizados**

Suplementos	Descripción	Porcentajes	Valores decimales
Constantes	Suplemento personal	5%	0,05
	Suplemento por fatiga básica	4%	0,04
Variables	Suplemento por estar de pie	2%	0,02
Concesiones o suplementos totales		11%	0,11

Fuente: elaboración propia.

3.2.7. **Recolección y análisis de datos del modelo**

La recopilación de los datos del modelo, respecto a los desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos elaborados por los sujetos de prueba, se presenta en la tabla XXXV. Como se observa en la tabla XXXV, la elaboración artesanal de 1 galón de desinfectante requiere un TN por operación entre 14,46 segundos y 17,25 segundos. Asimismo, con un 11 por ciento de concesiones, 1 galón de desinfectante, elaborado artesanalmente, requiere un TE por operación entre 16,05 segundos y 19,15 segundos. Los desinfectantes presentan una productividad entre 1,80 y 2,09 galones/hora* hombre, un FC entre 0,05 y 0,09, y una eficiencia del 45,95 por ciento.

Tabla XXXV. **Recopilación de datos de los productos elaborados**

Productos	Desinfectantes		Jabones líquidos	
	M	R	I	O
Datos				
Total de actividades	61	65	83	81
Tiempo total (s)	1 002,05	862,68	2 227,47	2 105,17
Productividad (gal/h* hombre)	1,80	2,09	0,81	0,86
TC promedio (s)	16,43	13,27	26,84	25,99
Habilidades	0,03	0,06	0,03	0,06
Esfuerzo	0,05	0,02	0,05	0,05
Condiciones	-0,03	0,00	0,00	0,00
Consistencia	0,00	0,01	0,01	0,01
FC	0,05	0,09	0,09	0,12
FA	1,05	1,09	1,09	1,12
TN (s)	17,25	14,46	29,26	29,11
Concesiones	0,11	0,11	0,11	0,11
TE (s)	19,15	16,05	32,48	32,31
Eficiencia (%)	45,95		49,87	

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla XXXV, la elaboración artesanal de 1 galón de jabón líquido antibacteriano requiere un TN por operación entre 29,11 segundos y 29,26 segundos. Asimismo, con 11 por ciento de concesiones, 1 galón de jabón líquido, elaborado artesanalmente, requiere un TE por operación entre 32,31 segundos y 32,48 segundos. Los jabones presentan una productividad entre 0,81 y 0,86 galones/hora*hombre, un FC entre 0,09 y 0,12, y una eficiencia del 49,87 por ciento.

3.2.8. Resultados del modelo

La elaboración artesanal de 1 galón de desinfectante presenta resultados satisfactorios de productividad, TN y TE. La elaboración artesanal de desinfectantes presenta una productividad de 1,80 a 2,09 galones/hora*hombre debido a un tiempo de producción menor con un TN por operación de 14,46 segundos a 17,25 segundos y un TE por operación de 16,05 segundos a 19,15 segundos para su elaboración, con resultados satisfactorios y aceptables de pH y espuma.

Asimismo, los desinfectantes presentan resultados aceptables según el FC de la calificación del desempeño y una eficiencia de 45,95 por ciento. De igual forma, podría aumentarse la eficiencia con el método de llenado para el desinfectante sugerido en la tabla XXIII, página 120, mediante el uso del *beaker* de polipropileno de 1000 mililitros hasta completar los 3785 mililitros del galón, minimizando la generación de espuma en el llenado y, por consiguiente, el tiempo de llenado del mismo.

En la tabla XXXVI se presentan los resultados del modelo para ambos productos en función de la productividad, calificación del desempeño, TN, TE y eficiencia.

Tabla XXXVI. **Resultados del modelo del curso de Ingeniería de Métodos**

Indicadores dependientes	Productos elaborados desinfectantes M, R y jabones líquidos I, O	Resultado
Productividad (gal/h* hombre)	M: 1,80 R: 2,09 I: 0,81 O: 0,86	Desinfectantes: satisfactorio Jabones líquidos: aceptable
Calificación del desempeño (según el FC)	M: 0,05 R: 0,09 I: 0,09 O: 0,12	Desinfectantes: aceptable Jabones líquidos: aceptable
TN (s)	M: 17,25 s R: 14,46 s I: 29,26 s O: 29,11 s	Desinfectantes: satisfactorio Jabones líquidos: aceptable
TE (s)	M: 19,15 s R: 16,05 s I: 32,48 s O: 32,31 s	Desinfectantes: satisfactorio Jabones líquidos: aceptable

Continuación de la tabla XXXVI.

Indicadores dependientes	Productos elaborados desinfectantes M, R y jabones líquidos I, O	Resultado
Eficiencia (%)	M y R: 45,95% I y O: 49,87%	Desinfectantes: aceptable Jabones líquidos: aceptable

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla XXXVI, la elaboración artesanal de 1 galón de jabón líquido antibacteriano presenta resultados aceptables de productividad, TN y TE. La elaboración artesanal de jabón líquido presenta una productividad de 0,81 a 0,86 galones/hora* hombre debido a un tiempo de producción mayor con un TN por operación de 29,11 segundos a 29,26 segundos y un TE por operación de 32,31 segundos a 32,48 segundos con resultados satisfactorios de niveles de espuma. Sin embargo, los jabones presentan resultados insatisfactorios de pH para el pH óptimo del metilparaben de 7,0 a 9,0 puesto que la formulación elegida utiliza 300 gramos de cloruro de sodio en lugar de 150 gramos por lo que se debe reducir dicha dosis.

Asimismo, los jabones líquidos presentan resultados aceptables según el FC de la calificación del desempeño y una eficiencia de 49,87 por ciento, la cual puede ser aumentada con el método sugerido en la tabla XXIII, página 120, mediante el uso del *beaker* de polipropileno de 1000 mililitros.

3.3. Costo/beneficio de los modelos

Para la realización del análisis costo/beneficio de los modelos, se propone a los estudiantes del curso de Ingeniería de Plantas de ambos semestres y cursos de vacaciones para la producción artesanal de desinfectante y a los estudiantes del curso de Ingeniería de Métodos de ambos semestres y escuela de vacaciones para la producción artesanal de jabón líquido antibacteriano. Cabe resaltar que este análisis contempla la reducción de cloruro de sodio a 150 gramos para la elaboración de jabones líquidos con valores cercanos a un pH de 7,0 a 9,0, pH óptimo del metiparaben.

El análisis costo/beneficio respectivo se presenta de la siguiente manera:

- Análisis costo/beneficio para el modelo del curso de Ingeniería de Plantas

El análisis costo/beneficio para el modelo constructivista en el área de aplicación del curso de Ingeniería de Plantas contempla el costo de producir desinfectante para pisos de forma artesanal así como la población de la Facultad de Ingeniería beneficiada con el uso del producto producido y el beneficio académico que obtiene la población de estudiantes del curso de Ingeniería de Plantas al producir cada gal de desinfectante.

La tabla XXXVII muestra el costo de los reactivos químicos para producir 1 galón de desinfectante con el proveedor actual de reactivos y mediante la formulación de desinfectante para pisos F2. Cabe resaltar la selección de colorante amarillo y fragancia almendra floral por sus bajos costos con este proveedor.

Tabla XXXVII. **Costo de reactivos químicos para 1 galón de desinfectante con el proveedor actual**

Cantidad (ml)	Reactivo químico	Conversión de unidades	Costo unitario con exención del IVA	Costo de reactivos químicos para 1 galón de desinfectante
25	Nonilfenol	5/757 gal	Q 92,40/ gal	Q 0,61
10	Alcohol isopropílico	2/757 gal	Q 55,44/ gal	Q 0,15
4	Amonio cuaternario	4/3785 gal	Q 136,40/ gal	Q 0,14
12	Propilenglicol	12/3785 gal	Q 96,36/ gal	Q 0,31
20	Colorante amarillo	0,68 oz	Q 3,08/ oz	Q 2,09
25	Fragancia almendra floral	0,85 oz	Q 3,08/ oz	Q 2,62

Fuente: elaboración propia.

Para el costo de producir 1 galón de desinfectante se ha contemplado tanto los gastos de fabricación como el costo de la materia prima la cual implica el costo de los reactivos del producto, el costo del envase con tapón de rosca provisto del sello protector y el costo de la etiqueta autoadhesiva. El tamaño de la etiqueta vertical es de 10,80 centímetros de largo y 9 centímetros de ancho. El costo de la materia prima para la producción artesanal de 1 galón de desinfectante con el proveedor actual se detalla en la tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. **Costo actual de materia prima para 1 galón de desinfectante**

Cantidad	Materia prima	Costo de materia prima para la producción artesanal de 1 galón de desinfectante
25 m	Nonilfenol	Q 0,61
10 ml	Alcohol isopropílico	Q 0,15
4 ml	Amonio cuaternario	Q 0,14
12 ml	Propilenglicol	Q 0,31
20 ml	Colorante amarillo	Q 2,09
25 ml	Fragancia almendra floral	Q 2,62
3 688,86 ml	Agua	Q 0,04
1	Envase con tapón de rosca y sello protector	Q 5,50
1	Etiqueta autoadhesiva impresa a color	Q 0,79
Costo de materia prima/ gal		Q 12,25

Fuente: elaboración propia.

La mano de obra directa la constituyen estudiantes activos del curso de Ingeniería de Plantas de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la USAC por lo que no implica costo alguno.

Entre los gastos de fabricación para 1 galón de desinfectante se incluye los gastos del agua consumida en la limpieza de los instrumentos de laboratorio y limpieza del área de trabajo, así como los gastos de iluminación del laboratorio durante el tiempo total promedio de producción artesanal de 15,54 minutos obtenido con los sujetos de prueba. Los gastos de fabricación para la elaboración de 1 galón de desinfectante se detallan en la tabla XXXIX.

Tabla XXXIX. **Gastos de fabricación para 1 galón de desinfectante**

Gastos	Cantidad promedio consumida	Conversión de unidades	Cobro aproximado	Gastos de fabricación para la producción artesanal de 1 galón de desinfectante
Iluminación	15,54 min	0,259 h	Q 2,00/ kWh	Q 0,52
Agua consumida para la limpieza de instrumentos y del área de trabajo	3 689 ml	0,003689 m ³	Q 9,97/ m ³	Q 0,04
Gastos de fabricación/ gal				Q 0,56

Fuente: elaboración propia.

El costo de producir 1 galón de desinfectante con el proveedor actual se observa en la tabla XL.

Tabla XL. **Costo total para la producción artesanal de 1 galón de desinfectante con el proveedor actual**

Costo/gasto	Costo de producir 1 galón de desinfectante con el proveedor actual
Costo de materia prima/gal	Q 12,25
Costo de mano de obra directa/gal	Q 0,00
Gastos de fabricación/gal	Q 0,56
Costo de producción/gal	Q 12,81

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, para la implementación del modelo constructivista en el área de aplicación del curso de Ingeniería de Plantas para ambos semestres y cursos de vacaciones, se contempla un presupuesto anual de Q 1 357,86 con el proveedor actual de reactivos químicos para la producción artesanal anual de 106 galones de desinfectante.

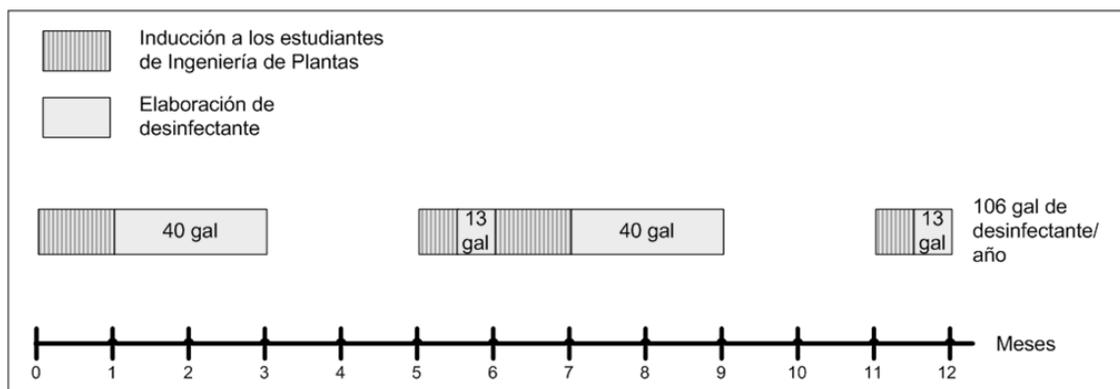
La población de la Facultad de Ingeniería es beneficiada con el aprovechamiento del desinfectante elaborado para la limpieza de la facultad al igual que son académicamente beneficiados los grupos de estudiantes que participen en la elaboración del producto.

Los 106 galones anuales serían producidos por grupos de 10 estudiantes, 1 galón por grupo, con base en la formulación de desinfectante para pisos F2 y los reactivos químicos específicos contemplados en la tabla XXXVII. La producción artesanal anual de 106 galones de desinfectante se propone ser distribuida de la siguiente manera:

- Entre los meses de enero a mayo se contempla una producción artesanal de 40 galones de desinfectante, producida por 40 grupos de 10 integrantes por grupo aproximadamente y una producción en el mes de junio de 13 galones de desinfectante producida por 13 grupos de 10 integrantes por grupo. El número de estudiantes del curso beneficiados durante enero a junio sería de 530 aproximadamente.
- De igual forma, entre los meses de julio a noviembre se contempla una producción artesanal de 40 galones de desinfectante producidos por 40 grupos de 10 integrantes por grupo aproximadamente y una producción en el mes de diciembre de 13 galones de desinfectante producida por 13 grupos de 10 integrantes por grupo. El número de estudiantes del curso beneficiados durante julio a diciembre sería de 530 aproximadamente.

En la figura 47 se muestra la planeación para el curso de Ingeniería de Plantas con la producción artesanal de 106 gal de desinfectantes producidos por los estudiantes de dicho curso durante los meses de febrero, marzo, segunda quincena de junio, agosto, septiembre y segunda quincena de diciembre en el área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini.

Figura 47. **Planeación para la elaboración de desinfectante para el curso de Ingeniería de Plantas**

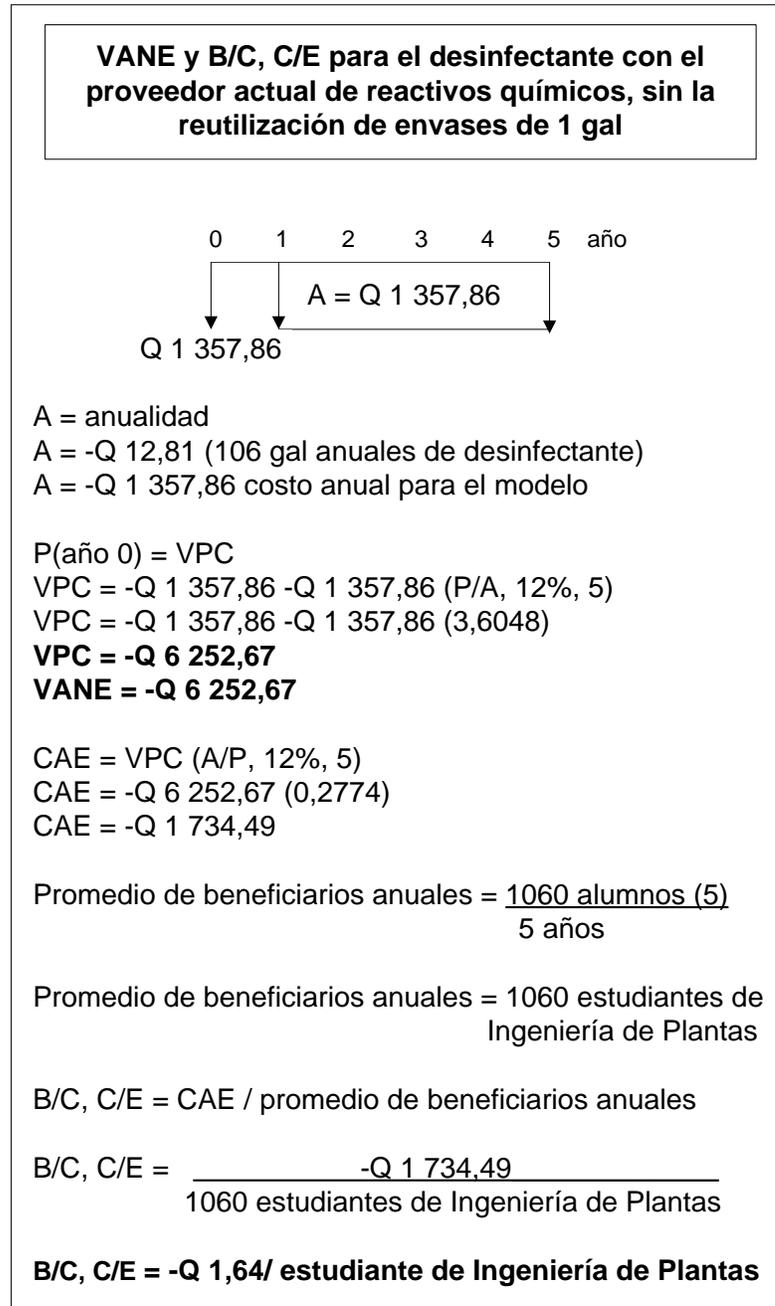


Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en la figura 47 se muestran los meses en los cuales se contempla la inducción para la elaboración de desinfectante para los estudiantes, de semestre y curso de vacaciones, del curso de Ingeniería de Plantas para la producción artesanal de los 106 galones de desinfectante. Como se observa en la figura, los períodos de inducción se contemplan durante los meses de enero, primera quincena de junio, julio y primera quincena de diciembre en el salón de videoconferencias del edificio T3.

En la figura 48 se muestra el cálculo y determinación de dos de los indicadores de la evaluación económica para el análisis costo/beneficio del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Plantas. Los indicadores de la evaluación económica para el análisis costo/beneficio del modelo constructivista para este curso lo conforman el Valor Actual Neto Económico (VANE) y la relación Beneficio/Costo y Costo/Efectividad (B/C, C/E).

Figura 48. **VANE y B/C, C/E para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Plantas con el proveedor actual**



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 48, el VANE del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Plantas representa un Valor Presente de los Costos (VPC) de -Q 6 252,67.

Asimismo, el indicador B/C, C/E, que se obtiene al dividir el Costo Anual Equivalente (CAE) entre el promedio anual de estudiantes beneficiados del curso de Ingeniería de Plantas con el modelo, representa un desembolso aproximado de -Q1,64 por cada estudiante, es decir, el costo de atender a un estudiante de Ingeniería de Plantas beneficiado con este modelo constructivista es de -Q1,64.

Por ser un proyecto social, no hay utilidades sino desembolsos anuales para el funcionamiento del modelo.

Asimismo, para el cálculo y determinación de los indicadores VANE y B/C, C/E, ha sido utilizada la distribución propuesta de enero a junio y de julio a diciembre, en la cual se estima un promedio de 1060 estudiantes anuales del curso beneficiados con una producción artesanal de 106 galones anuales de desinfectante, con un costo de producción/galón de Q 12,81.

En la tabla XLI se muestra el costo total anual de Q 1 357,86 para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Plantas con base en el proveedor actual de reactivos. Se estima un costo de producción/galón de desinfectante de Q 12,81. Estos costos contemplan un modelo sin reutilizar los envases de galones de los desinfectantes elaborados.

Tabla XLI. **Costo y beneficio anual para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Plantas con el proveedor actual**

Con base en el proveedor actual de reactivos químicos	Producción de desinfectante para el curso de Ingeniería de Plantas	Decisión con base en los indicadores del análisis costo/beneficio y la naturaleza social del proyecto
Costo de producción/gal	Q 12,81	
Producción anual	106 gal	
Costo total anual/ modelo	Q 1 357,86	
Estudiantes del curso beneficiados/ año	1 060 estudiantes	
VANE	-Q 6 252,67	
B/C, C/E	-Q 1,28/ estudiante	B/C, C/E < 1 Se acepta

Fuente: elaboración propia.

De igual manera, en la tabla XLI se recopilan los valores de los indicadores de la evaluación económica para el análisis costo/beneficio del modelo constructivista del curso de Ingeniería de Plantas. Se ha determinado la aceptación del proyecto a nivel de los indicadores VANE y B/C, C/E puesto que cumplen con el rango de aceptación para un proyecto de naturaleza social.

Como se observa en la tabla XLI, el indicador VANE representa un valor de -Q 6 252,67, el cual cumple con el rango de aceptación de un VANE menor que 0, así como el indicador B/C, C/E de -Q 1,28/ estudiante que cumple con el rango de aceptación menor que 1, por lo que estos indicadores confirman la naturaleza social de este proyecto.

- Análisis costo/beneficio para el modelo del curso de Ingeniería de Métodos

El análisis costo/beneficio para el modelo constructivista en el área de aplicación del curso de Ingeniería de Métodos, contempla el costo de producir jabón líquido antibacteriano para manos de forma artesanal así como la población de la Facultad de Ingeniería beneficiada con el uso del producto producido y el beneficio académico que obtiene la población de estudiantes del curso de Ingeniería de Métodos al producir cada galón de jabón líquido antibacteriano.

Este análisis es realizado contemplando la reducción de cloruro de sodio a 150 gramos para la elaboración de jabones líquidos con valores cercanos a un pH de 7,0 a 9,0, pH óptimo del metilparaben.

En la tabla XLII se presenta el costo de los reactivos químicos para producir 1 galón de jabón líquido antibacteriano con un pH óptimo de 7,0 a 9,0, con el proveedor actual de reactivos. Cabe resaltar la selección de colorante anaranjado y fragancia almendra floral por sus bajos costos con este proveedor.

Tabla XLII. **Costo de reactivos químicos para 1 galón de jabón líquido antibacteriano con el proveedor actual**

Cantidad	Reactivo químico	Conversión de unidades	Costo unitario con exención del IVA	Costo de reactivos químicos para 1 galón de jabón líquido
333 g	Texapon	0,333 kg	Q 25,52/ kg	Q 8,50
150 g	Cloruro de sodio	0,33 lb	Q 4,40/ lb	Q 1,45
2 g	Metilparaben	0,002 kg	Q 92,40/ kg	Q 0,18
20 ml	Glicerina	4/757 gal	Q 70,40/ gal	Q 0,37
14 ml	Fragancia almendra floral	0,48 oz	Q 3,08/ oz	Q 1,48
20 ml	Colorante anaranjado	0,68 oz	Q 3,08/ oz	Q 2,09

Fuente: elaboración propia.

Para el costo de producir 1 galón de jabón líquido antibacteriano, se ha contemplado tanto los gastos de fabricación como el costo de la materia prima la cual implica el costo de los reactivos para la elaboración del producto, el costo del envase con tapón de rosca provisto del sello protector y el costo de la etiqueta autoadhesiva. El tamaño de la etiqueta vertical es de 10,80 centímetros de largo y 9 centímetros de ancho.

El costo de la materia prima para la producción artesanal de 1 galón de jabón líquido antibacteriano con el proveedor actual se detalla en la tabla XLIII.

Tabla XLIII. **Costo actual de materia prima para 1 galón de jabón líquido antibacteriano**

Cantidad	Materia prima	Costo de materia prima para la producción artesanal de 1 galón de jabón líquido
333 g	Texapon	Q 8,50
150 g	Cloruro de sodio	Q 1,45
2 g	Metilparaben	Q 0,18
20 ml	Glicerina	Q 0,37
14 ml	Fragancia almendra floral	Q 1,48
20 ml	Colorante anaranjado	Q 2,09
3 592,34 ml	Agua	Q 0,04
1	Envase con tapón de rosca y sello protector	Q 5,50
1	Etiqueta autoadhesiva impresa a color	Q 0,79
Costo de materia prima/ gal		Q 20,40

Fuente: elaboración propia.

La mano de obra directa la constituyen estudiantes activos del curso de Ingeniería de Métodos por lo que no implica costo alguno.

Entre los gastos de fabricación para 1 galón de jabón líquido se incluye los gastos del agua consumida en la limpieza de los instrumentos de laboratorio y limpieza del área de trabajo, así como los gastos de iluminación del laboratorio durante el tiempo total promedio de producción artesanal de 36,11 minutos. Los gastos de fabricación para la elaboración de 1 galón de jabón líquido antibacteriano se detallan en la tabla XLIV.

Tabla XLIV. **Gastos de fabricación para 1 galón de jabón líquido antibacteriano**

Gastos	Cantidad promedio consumida	Conversión de unidades	Cobro aproximado	Gastos de fabricación para la producción artesanal de 1 galón de jabón líquido
Iluminación	36,11 min	0,602 h	Q 2,00/ kWh	Q 1,20
Agua consumida para la limpieza de instrumentos y del área de trabajo	3 689 ml	0,003689 m ³	Q 9,97/ m ³	Q 0,04
Gastos de fabricación/ gal				Q 1,24

Fuente: elaboración propia.

El costo de producir 1 galón de jabón líquido antibacteriano con el proveedor actual se observa en la tabla XLV.

Tabla XLV. **Costo total para la producción artesanal de 1 galón de jabón líquido antibacteriano con el proveedor actual**

Costo/gasto	Costo de producir 1 galón de jabón líquido con el proveedor actual
Costo de materia prima/gal	Q 20,40
Costo de mano de obra directa/gal	Q 0,00
Gastos de fabricación/gal	Q 1,24
Costo de producción/gal	Q 21,64

Fuente: elaboración propia.

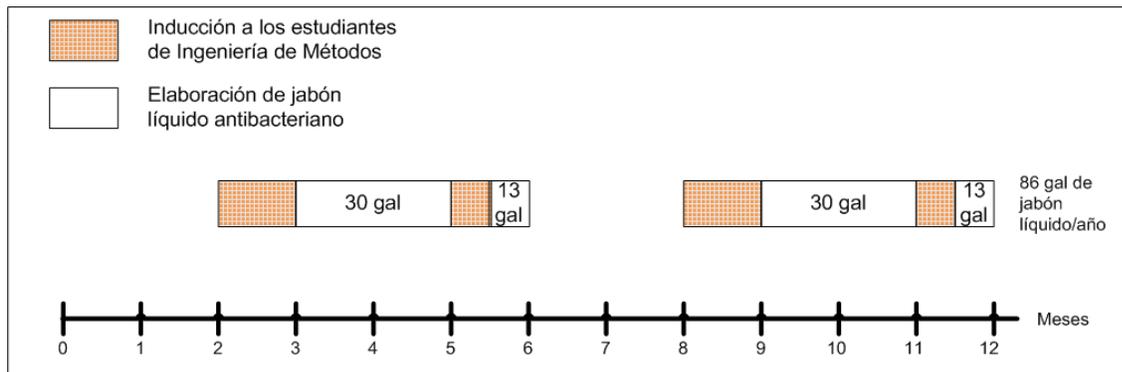
Asimismo, para la implementación del modelo constructivista en el área de aplicación del curso de Ingeniería de Métodos para ambos semestres y cursos de vacaciones contempla un presupuesto anual de Q 1 861,04 con el proveedor actual de reactivos químicos para la producción artesanal anual de 86 galones de jabón líquido antibacteriano, siendo la población de la Facultad de Ingeniería beneficiada con el aprovechamiento del jabón líquido antibacteriano elaborado para la limpieza de la Facultad al igual que los grupos de estudiantes que participen en la elaboración del producto.

Los 86 galones anuales serían producidos por grupos de 10 estudiantes, 1 galón por grupo, con base en la formulación de jabón líquido antibacteriano y los reactivos químicos específicos contemplados en la tabla XLII. La producción artesanal anual de 86 galones de jabón líquido antibacteriano se propone ser distribuida de la siguiente manera:

- Entre los meses de enero a mayo se contempla una producción artesanal de 30 galones de jabón líquido antibacteriano, producidos por 30 grupos de 10 integrantes por grupo aproximadamente y una producción en el mes de junio de 13 galones de jabón líquido antibacteriano producida por 13 grupos de 10 integrantes por grupo. El número de estudiantes del curso beneficiados durante enero a junio sería de 430 aproximadamente.
- De igual forma, entre los meses de julio a noviembre se contempla una producción artesanal de 30 galones de jabón líquido antibacteriano producida por 30 grupos de 10 integrantes por grupo aproximadamente y una producción en el mes de diciembre de 13 galones de jabón líquido antibacteriano producida por 13 grupos de 10 integrantes por grupo. El número de estudiantes del curso beneficiados durante julio a diciembre sería de 430 aproximadamente.

En la figura 49 se muestra la planeación para el curso de Ingeniería de Métodos con la producción artesanal de 86 galones de jabones líquidos producidos por los estudiantes de dicho curso durante los meses de abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre en el área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini.

Figura 49. **Planeación para la elaboración de jabón líquido para el curso de Ingeniería de Métodos**

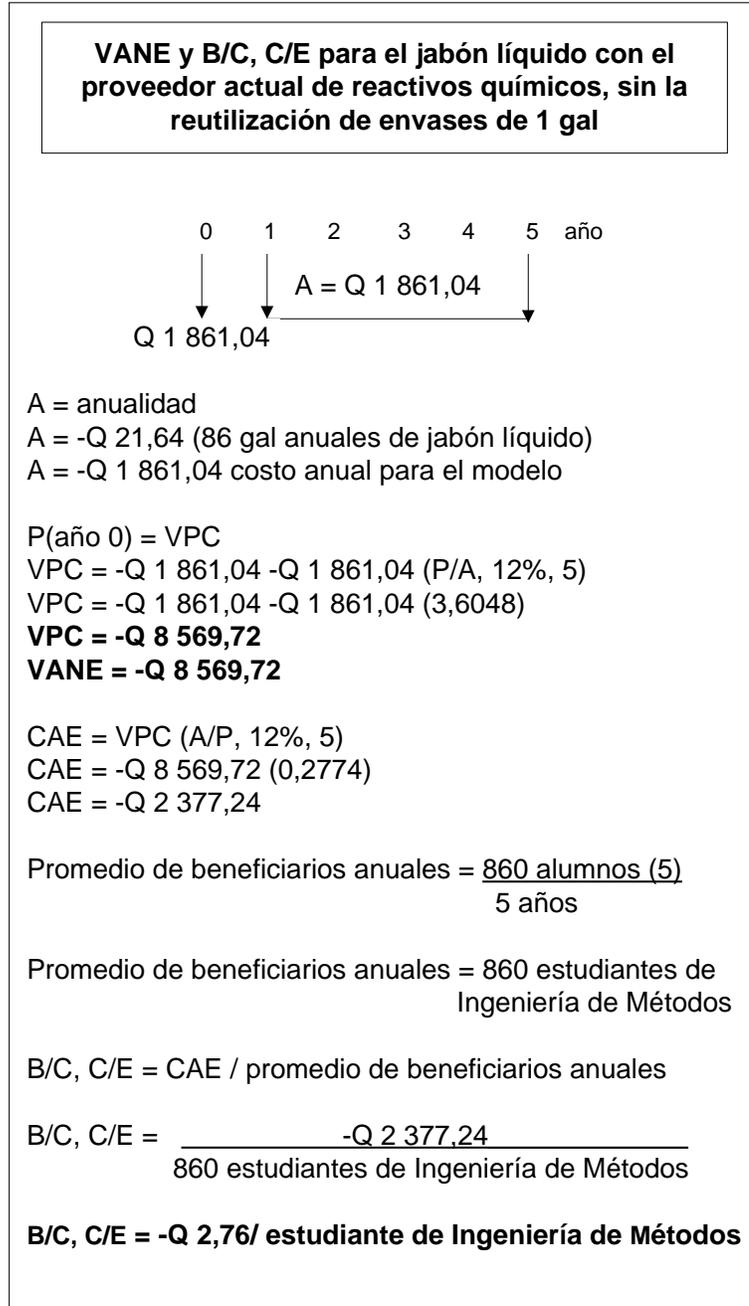


Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en la figura 49 se muestran los meses en los cuales se contempla la inducción para la elaboración de jabón líquido antibacteriano para los estudiantes, de semestre y curso de vacaciones, del curso de Ingeniería de Métodos, para la producción artesanal de los 86 galones de jabón líquido antibacteriano. Como se observa en la figura, los períodos de inducción se contemplan durante los meses de marzo, primera quincena de junio, septiembre y primera quincena de diciembre en el salón de videoconferencias del edificio T3 de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

En la figura 50 se muestra el cálculo y determinación de dos de los indicadores de la evaluación económica para el análisis costo/beneficio del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Métodos. Los indicadores de la evaluación económica para el análisis costo/beneficio de este modelo constructivista lo conforman el VANE y la relación B/C, C/E.

Figura 50. **VANE y B/C, C/E para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Métodos con el proveedor actual**



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 50, el VANE, que en este proyecto social representa el VPC, consiste en un desembolso en el presente de -Q 8 569,72. Asimismo, el indicador B/C, C/E, que se obtiene al dividir el CAE entre el promedio anual de estudiantes beneficiados del curso de Ingeniería de Métodos con el modelo, representa un desembolso de -Q 2,76 por cada estudiante, es decir, el costo de atender a un estudiante de Ingeniería de Métodos beneficiado con este modelo constructivista es de -Q 2,76. Por ser un proyecto social, no hay utilidades sino desembolsos anuales para el funcionamiento del modelo.

Asimismo, para el cálculo y determinación de los indicadores VANE y B/C, C/E, ha sido utilizada la distribución propuesta de enero a junio y de julio a diciembre.

En la tabla XLVI se muestra el costo total anual de Q 1 861,04 para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Métodos con base en el proveedor actual de reactivos químicos. Asimismo, se estima un promedio de 860 estudiantes anuales del curso beneficiados con una producción artesanal de 86 galones anuales de jabón líquido antibacteriano cuyo costo de producción/galón es de Q 21,64. Estos costos contemplan un modelo sin reutilizar los envases de galón de los jabones líquidos elaborados.

De igual manera, en la tabla XLVI se ha determinado la aceptación del proyecto a nivel de los indicadores VANE y B/C, C/E puesto que cumplen con el rango de aceptación para un proyecto de naturaleza social. Como se observa en la tabla, el indicador VANE con un valor de -Q 8 569,72 cumple con el rango de aceptación de un VANE menor que 0, así como el indicador B/C, C/E con un valor de -Q 2,76/ estudiante que cumple con el rango de aceptación menor que 1, por lo que estos indicadores confirman la naturaleza social de este proyecto.

Tabla XLVI. **Costo y beneficio anual para el modelo constructivista del curso de Ingeniería de Métodos con el proveedor actual**

Con base en el proveedor actual de reactivos químicos	Producción de jabón líquido antibacteriano para el curso de Ingeniería de Métodos	Decisión con base en los indicadores del análisis costo/beneficio y la naturaleza social del proyecto
Costo de producción/gal	Q 21,64	
Producción anual	86 gal	
Costo total anual/modelo	Q 1 861,04	
Estudiantes del curso beneficiados/ año	860 estudiantes	
VANE	-Q 8 569,72	VANE < 0 Se acepta
B/C, C/E	-Q 2,76/ estudiante	B/C, C/E < 1 Se acepta

Fuente: elaboración propia.

- Reducción de costos de los modelos

La reducción de los costos de los modelos, radica principalmente en la reducción de los costos de los reactivos químicos utilizados en el desinfectante así como en el jabón líquido antibacteriano. Por consiguiente, se propone una reducción de dichos costos con base en un nuevo proveedor y distribuidor de reactivos químicos con precios más económicos.

En la tabla XLVII se muestra la comparación entre los costos por unidad de los reactivos químicos del proveedor actual y del nuevo proveedor para la elaboración de desinfectante para el modelo del curso de Ingeniería de Plantas y para la elaboración de jabón líquido antibacteriano para el modelo del curso de Ingeniería de Métodos.

Tabla XLVII. **Comparación de costos de reactivos químicos**

Producto	Reactivos químicos	Costo unitario con exención del IVA con proveedor actual	Costo unitario con nuevo proveedor
Desinfectante	Nonilfenol	Q 92,40/ gal	Q 87,70/ gal
	Alcohol isopropílico	Q 55,44/ gal	Q 56,60/ gal
	Amonio cuaternario	Q 136,40/ gal	Q 131,25/ gal
	Propilenglicol	Q 96,36/ gal	Q 109,50/ gal
	Colorante amarillo	Q 3,08/ oz	Q 1,60/ oz

Continuación de la tabla XLVII.

Producto	Reactivos químicos	Costo unitario con exención del IVA con proveedor actual	Costo unitario con nuevo proveedor
Desinfectante	Fragancia almendra floral	Q 3,08/ oz	Q 2,40/ oz
Jabón líquido antibacteriano	Texapon	Q 25,52/ kg	Q 20,72/ kg
	Cloruro de sodio	Q 4,40/ lb	Q 2,67/ lb
	Metilparaben	Q 92,40/ kg	Q 75,75/ kg
	Glicerina	Q 70,40/ gal	Q 53,80/ gal
	Colorante anaranjado	Q 3,08/ oz	Q 2,40/ oz
	Fragancia almendra floral	Q 3,08/ oz	Q 2,40/ oz

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XLVIII se muestra la comparación entre los costos totales para la elaboración artesanal de desinfectante y jabón líquido antibacteriano producidos con los reactivos químicos del proveedor actual en contraste con los del nuevo proveedor.

Tabla XLVIII. **Comparación de costos totales de los modelos**

Producto	Desinfectante		Jabón líquido	
	Actual	Nuevo	Actual	Nuevo
Costo de materia prima/gal	Q 12,25	Q 10,68	Q 20,40	Q 16,64
Costo de mano de obra directa/gal	Q 0,00	Q 0,00	Q 0,00	Q 0,00
Gastos de fabricación/gal	Q 0,56	Q 0,56	Q 1,24	Q 1,24
Costo de producción/gal	Q 12,81	Q 11,24	Q 21,64	Q 17,88
Producción anual	106 gal	106 gal	86 gal	86 gal
Costo total anual/modelo (sin reutilizar envases)	Q 1 357,86	Q 1 191,44	Q 1 861,04	Q 1 537,68
Ahorro anual/modelo	---	12,26%	---	17,38%

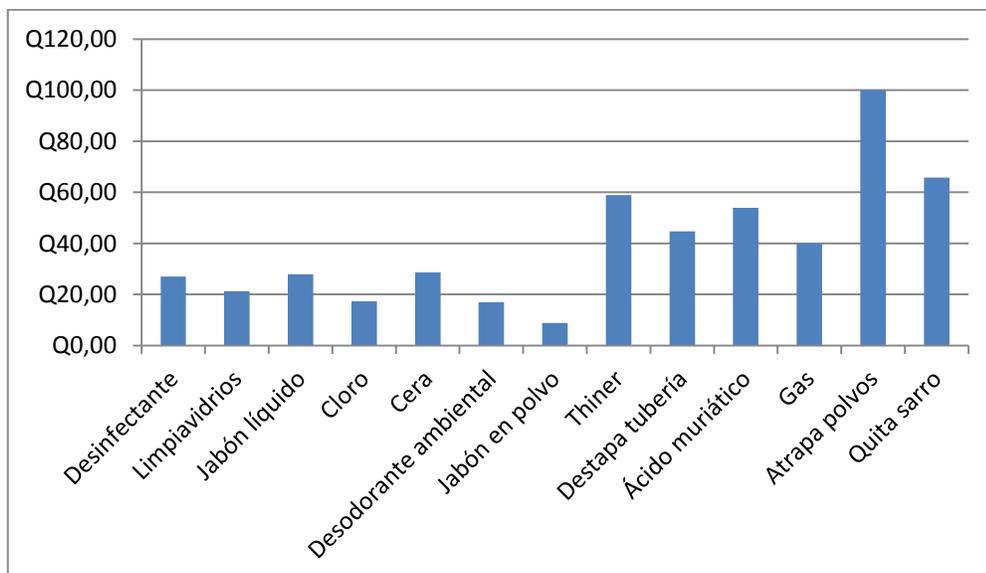
Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla XLVIII, el nuevo proveedor generaría un costo de producción total por galón de desinfectante de Q 11,24, lo cual significa un ahorro anual de Q 166,42 para una producción anual de 106 galones de desinfectantes para el modelo del curso de Ingeniería de Plantas. Por consiguiente, para dicha producción de desinfectantes, se obtiene una reducción del 12,26 por ciento en el costo total anual del modelo.

De igual forma, con el nuevo proveedor se generaría un costo de producción total por galón de jabón líquido antibacteriano de Q 17,88, implicando un ahorro anual de Q 323,36 para una producción anual de 86 galones de jabón líquido antibacteriano para el modelo del curso de Ingeniería de Métodos. Para dicha producción de jabones líquidos, se obtiene una reducción del 17,38 por ciento en el costo total anual del modelo.

En la figura 51 se muestra el precio de compra promedio que las distintas unidades académicas de la USAC pagan por los productos de limpieza. Respecto al desinfectante y jabón líquido, la USAC adquiere estos productos a un precio de compra promedio de Q 26,97/ galón y Q 27,85/ galón respectivamente, por lo que es evidente el ahorro en costos que la producción artesanal de desinfectante y jabón líquido implicaría para la USAC.

Figura 51. **Precio de compra de productos de limpieza para la USAC, marzo de 2012**



Fuente: elaboración propia.

4. MODELOS CONSTRUCTIVISTAS EN EL CII Y EL IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Normativa para el manejo de sustancias

Esta sección abarca el manejo de los residuos líquidos y semilíquidos al utilizar los reactivos químicos para la elaboración artesanal de desinfectante y jabón líquido antibacteriano. Además de la inducción previa para el manejo general de los reactivos químicos, subcapítulo 2.2.1.2, cabe señalar la importancia de verter los remanentes de productos químicos por el alcantarillado haciendo circular inmediatamente abundante agua por el mismo. Esta acción es realizada cada vez que se limpian de residuos químicos los instrumentos de medición, como *beakers*, probetas y pipetas, al lavarlos con agua en los respectivos lavaderos.

Los remanentes de productos químicos los constituyen aquellos residuos líquidos, presentes en los instrumentos de medición una vez devueltos al respectivo suministro de materia prima. Estos remanentes y cualquier desecho líquido no peligroso requieren de un adecuado tratamiento para la protección personal y del medio ambiente.

El método de tratamiento y eliminación de los residuos líquidos provenientes de la elaboración del desinfectante y jabón líquido se muestra en la tabla XLIX. El método lo constituye el vertido de los residuos líquidos por el sistema de alcantarillado existente dentro de las instalaciones del área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini. Asimismo, éste constituye el método para la eliminación de los

jabones y desinfectantes elaborados en dado caso hayan superado su respectiva fecha de caducidad.

Tabla XLIX. **Manejo y eliminación para residuos líquidos no peligrosos**

Productos elaborados	Método de tratamiento y eliminación	Observaciones respecto al método y producto elaborado
Desinfectante	Vertido al alcantarillado o corrientes rápidas de agua	El vertido se utiliza para preparaciones líquidas y cantidades pequeñas de desinfectante diluido (máximo 50 litros/ día de desinfectante diluido). Las sustancias deben diluirse previamente en agua antes de ser eliminadas por este método. Durante el proceso de vertido se debe circular abundante agua por el sistema de desagüe. Se utilizan guantes, bata y mascarilla durante todo el proceso.
Jabón líquido antibacteriano		

Fuente: elaboración propia.

Cabe resaltar que los productos de higiene comerciales, como los jabones, tienen una fecha de caducidad aproximada de 12 a 24 meses desde su fecha de elaboración mientras que los desinfectantes presentan una conservación mayor comprendida entre los 18 a 30 meses. La tabla L presenta una referencia de la caducidad de los productos de limpieza con base en la de los productos de limpieza comerciales.

Tabla L. **Caducidad de los productos elaborados**

Productos elaborados	Caducidad según productos comerciales	Fecha de elaboración	Fecha de caducidad
Desinfectante	18 a 30 meses	11/06/12	11/12/14
Jabón líquido antibacteriano	12 a 24 meses	13/06/12	12/06/14

Fuente: elaboración propia.

En la figura 52 se observa el vertido de los remanentes de desechos líquidos por el alcantarillado dentro de las instalaciones del área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini.

Figura 52. **Vertido de residuos líquidos no peligrosos**



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

4.2. Normativa para el manejo de desechos

Esta sección abarca el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, generados en la elaboración de desinfectante y jabón líquido antibacteriano. Estos desechos los constituyen residuos de papel mayordomo y los guantes plásticos de laboratorio una vez utilizados.

El método de tratamiento y eliminación de los residuos sólidos provenientes de la elaboración del desinfectante y jabón líquido se muestra en la tabla LI. El método lo constituye el vertido de los residuos sólidos dentro de los contenedores de desechos existentes, en las instalaciones del área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria

Doctora Alba Tabarini, para el subsecuente método de eliminación de los mismos en los vertederos.

Tabla LI. **Manejo y eliminación para residuos sólidos no peligrosos**

Residuos sólidos	Método de tratamiento y eliminación	Observaciones respecto al método y residuos
Papel mayordomo	Vertido en contenedores para su disposición en vertederos	Dado que se dispone de un mismo contenedor para la disposición de todos los desechos sólidos, se recomienda utilizar contenedores identificados específicamente para cada desecho sólido, en este caso papel y plástico para contribuir a su reciclaje.
Guantes plásticos de laboratorio		

Fuente: elaboración propia.

En la figura 53 se observa el vertido de los residuos sólidos dentro del contenedor de desechos sólidos existente en las instalaciones del área didáctica del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini.

Figura 53. **Vertido de residuos sólidos no peligrosos**



Fuente: fase experimental del estudio. Laboratorio Doctora Alba Tabarini, USAC.

Cabe señalar que cualquier desecho sólido no peligroso requiere de un adecuado tratamiento para la protección del medio ambiente, por lo que es necesaria la ubicación de contenedores debidamente identificados, dentro del laboratorio, que señalen el tipo de desecho sólido para los cuales son destinados. Actualmente el área didáctica de este laboratorio dispone de un pequeño contenedor identificado para desechos de papel y otro contenedor no identificado, con mayor capacidad, en el cual se depositan cualquier tipo de desechos.

Puesto que se utiliza un par de guantes de laboratorio adicional al momento de manipular el texapon durante la elaboración artesanal de los jabones líquidos antibacterianos, dado a la viscosidad de este reactivo químico, se contempla la reducción de residuos plásticos dentro del laboratorio mediante el uso de una taza medidora con sujetador para evitar el contacto directo entre el guante y el texapon y así minimizar el volumen de residuos plásticos generados en la elaboración artesanal del jabón.

Tabla LII. **Reutilización de envases con el proveedor actual**

Productos elaborados	Envases de gal reutilizados /año	Costo total anual/ modelo sin reutilización de envases (proveedor actual)	Costo total anual/ modelo con envases reutilizados (proveedor actual)
Desinfectante	106 gal	Q 1 357,86	Q 774,86
Jabón líquido antibacteriano	86 gal	Q 1 861,04	Q 1 388,04
Total	192 gal	Q 3 218,90	Q 2 162,90

Fuente: elaboración propia.

En la tabla LII se observa que al reutilizar los envases de 1 galón de capacidad, con el actual proveedor, se obtiene una reducción significativa en los costos de materia prima puesto que cada envase, provisto de tapón de rosca y de sello protector, cuesta Q 5,50. Para una producción anual de 106 galones de desinfectantes, se obtiene una reducción del 42,94 por ciento en el costo total anual para la elaboración de estos desinfectantes con envases reutilizados.

Asimismo, para una producción anual de 86 galones de jabones líquidos antibacterianos, se obtiene una reducción del 25,42 por ciento en el costo total anual para la elaboración artesanal de estos jabones con envases reutilizados.

Tabla LIII. **Reutilización de envases con el nuevo proveedor**

Productos elaborados	Envases de gal reutilizados /año	Costo total anual/ modelo sin reutilización de envases (nuevo proveedor)	Costo total anual/ modelo con envases reutilizados (nuevo proveedor)
Desinfectante	106 gal	Q 1 191,44	Q 608,44
Jabón líquido antibacteriano	86 gal	Q 1 537,68	Q 1 064,68
Total	192 gal	Q 2 729,12	Q 1 673,12

Fuente: elaboración propia.

En la tabla LIII se observa que al reutilizar los envases de 1 galón de capacidad se obtiene una reducción significativa en los costos de materia prima puesto que cada envase, provisto de tapón de rosca y de sello protector, cuesta Q 5,50. Por consiguiente, para una producción anual de 106 galones de desinfectantes, se obtiene una reducción del 48,93 por ciento en el costo total anual, para la elaboración artesanal de desinfectante con envases reutilizados. Asimismo, para una producción anual de 86 galones de jabones líquidos antibacterianos, se obtiene una reducción del 30,76 por ciento en el costo total anual para la elaboración artesanal de estos jabones con envases reutilizados.

En la tabla LIV se muestra el desglose entre los costos totales contemplando la reutilización de los envases para la elaboración artesanal de desinfectante y jabón líquido antibacteriano, producidos con los reactivos químicos del proveedor actual en contraste con los del nuevo proveedor. La reutilización de estos envases contribuye a una reducción en el costo de materia prima, implicando, a su vez, una reducción en el costo de producción lo que contribuye a una reducción significativa del costo total de los modelos.

Tabla LIV. **Comparación de costos totales de los modelos con envases reutilizados**

Producto con envases reutilizados	Desinfectante		Jabón líquido	
	Actual	Nuevo	Actual	Nuevo
Costo de materia prima/gal	Q 6,75	Q 5,18	Q 14,90	Q 11,14
Costo de mano de obra directa/gal	Q 0,00	Q 0,00	Q 0,00	Q 0,00
Gastos de fabricación/gal	Q 0,56	Q 0,56	Q 1,24	Q 1,24
Costo de producción/gal	Q 7,31	Q 5,74	Q 16,14	Q 12,38
Producción anual	106 gal	106 gal	86 gal	86 gal

Continuación de la tabla LIV.

Producto con envases reutilizados	Desinfectante		Jabón líquido	
	Actual	Nuevo	Actual	Nuevo
Proveedor				
Costo total anual/ modelo con envases reutilizados	Q 774,86	Q 608,44	Q 1 388,04	Q 1 064,68
Costo total anual/ modelo (sin reutilizar envases)	Q 1 357,86	Q 1 191,44	Q 1 861,04	Q 1 537,68

Fuente: elaboración propia.

Cabe resaltar que la reutilización de los envases de 1 galón de capacidad, no sólo contribuye a disminuir significativamente los costos de los modelos sino también contribuye a reducir los niveles de desechos plásticos que produciría la acumulación de estos envases en los vertederos.

CONCLUSIONES

1. El diseño de un modelo según la metodología constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Plantas en el CII en función de la elaboración artesanal de desinfectantes de 1 galón, ha presentado resultados satisfactorios y aceptables según los indicadores independientes y dependientes del modelo.
2. Sin embargo, dicho modelo en función de la elaboración artesanal de jabones líquidos antibacterianos de 1 galón, ha presentado resultados aceptables, según los indicadores independientes y dependientes, a excepción del pH de las muestras de jabones líquidos antibacterianos elaborados cuyos valores de 5,350 y 4,589 presentan un pH inferior al rango de 7,0 a 9,0 para un pH óptimo del metilparaben, agente antibacteriano utilizado, puesto que la formulación elegida implica una doble dosificación de uno de sus reactivos, el cloruro de sodio.
3. Asimismo, el diseño de un modelo según la metodología constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos en el CII en función de la elaboración artesanal de desinfectantes de 1 galón, ha presentado resultados satisfactorios y aceptables según los indicadores independientes y dependientes del modelo.
4. A pesar del pH inferior al rango de 7,0 a 9,0 de los jabones líquidos elaborados, el modelo constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos ha presentado resultados aceptables en cuanto a los indicadores dependientes en este modelo.

5. El análisis beneficio/costo del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Plantas propone exclusivamente la producción artesanal de desinfectantes, estimando un promedio de 1060 estudiantes anuales del curso beneficiados con una producción artesanal de 106 galones anuales de desinfectantes. Dado el costo de producción/galón de Q 12,81 con el proveedor actual de reactivos químicos, se estima que la inversión (año 0 del modelo) y el costo de operación anual del modelo (año 1 en adelante) son de Q 1 357,86 anuales para su funcionamiento sin la reutilización de los envases de 1 galón de estos desinfectantes.
6. Según el análisis beneficio/costo del modelo constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Plantas se ha determinado, mediante los indicadores de evaluación económica VANE y B/C, C/E, que dicho modelo cumple con los parámetros de un proyecto social en el que se invierte Q 1,28 por cada uno de los 1060 estudiantes anuales beneficiados con el modelo.
7. El análisis beneficio/costo del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Métodos propone exclusivamente la producción artesanal de jabones líquidos antibacterianos, estimando un promedio de 860 estudiantes anuales del curso beneficiados con una producción artesanal de 86 galones anuales de jabones. Dado el costo de producción/galón de Q 21,64 con el proveedor actual de reactivos químicos, se estima que la inversión (año 0 del modelo) y el costo de operación anual del modelo (año 1 en adelante) son de Q 1 861,04 anuales para su funcionamiento sin la reutilización de los envases de 1 galón de los jabones elaborados.

8. Asimismo, el análisis beneficio/costo del modelo constructivista en el área aplicable al curso de Ingeniería de Métodos ha determinado, mediante los indicadores VANE y B/C, C/E, que dicho modelo cumple con los parámetros de un proyecto social en el que se invierte Q 2,76 por cada uno de los 860 estudiantes anuales beneficiados con el modelo. Cabe resaltar que este análisis contempla la reducción de cloruro de sodio a 150 gramos para la elaboración de jabones líquidos antibacterianos que cumplan el rango de pH de 7,0 a 9,0.
9. Por medio del análisis beneficio/costo de los modelos, se ha considerado la reducción de los costos en el modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Plantas con base en un nuevo proveedor de reactivos químicos, reduciendo en un 12,26 por ciento el costo total anual del modelo sin la reutilización de los envases de los desinfectantes. Con este nuevo proveedor de reactivos químicos, se estima que tanto la inversión (año 0 del modelo), así como el costo de operación anual del modelo (año 1 en adelante) se reducen aproximadamente a Q 1 191,44 anuales para su funcionamiento sin la reutilización de los envases de estos desinfectantes.
10. De igual manera, por medio del análisis beneficio/costo del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Métodos con base en el nuevo proveedor de reactivos químicos, se reduce en un 17,38 por ciento el costo total anual del modelo sin la reutilización de los envases de 1 galón de los jabones líquidos antibacterianos elaborados. Con este nuevo proveedor de reactivos químicos, se estima que tanto la inversión (año 0 del modelo), así como el costo de operación anual del modelo (año 1 en adelante) se reducen a Q 1 537,68 anuales para su funcionamiento sin la reutilización de los envases de los jabones.

11. Los modelos constructivistas en el área de aplicación de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos pretenden contribuir a la EMI en la formación profesional de sus estudiantes y en los esfuerzos de acreditación de sus carreras, Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la USAC, en lo referente a la aplicación de los conocimientos de estos estudiantes mediante la elaboración artesanal de productos de limpieza como desinfectantes y jabones líquidos antibacterianos dentro de las instalaciones del CII.
12. Al considerar ambos modelos basados en la Metodología Constructivista, los estudiantes de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial ponen en práctica los conocimientos adquiridos de los cursos del área de producción, como Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos, en el proceso de elaboración artesanal de productos de limpieza; de igual forma, estos productos son elaborados para el consumo estudiantil por lo que los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la USAC pueden hacer uso de éstos mediante su disposición en las áreas comunes de la facultad.
13. Con base en el proceso, los resultados generales y los análisis realizados a los modelos, se puede apoyar a la Metodología Constructivista como una herramienta práctica en el aprendizaje de los estudiantes puesto que les permite experimentar sus conocimientos, reforzándolos al recibir una retroalimentación con el entorno, apoyando a un mejor aprovechamiento del área de aplicación de los cursos de producción para los estudiantes de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial.

RECOMENDACIONES

1. A partir del análisis de pH de los jabones líquidos antibacterianos, se debe considerar la reducción a 150 gramos del cloruro de sodio en la formulación utilizada en el anexo 5 para la elaboración artesanal de jabones líquidos que cumplan con el rango de pH de 7,0 a 9,0 para su elaboración en el modelo constructivista.
2. Es indispensable que se considere la reutilización de los envases de plástico de 1 galón de capacidad utilizados en la elaboración artesanal de desinfectantes puesto que además de favorecer en el cuidado del medio ambiente al prevenir su acumulación en los vertederos, estos envases disminuyen significativamente el costo total anual del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Plantas; implicando una reducción de Q 1 357,86 a Q 774,86 en los costos de operación anuales del modelo con el proveedor actual de reactivos químicos, significando una reducción del 42,94 por ciento en el costo de operación anual del modelo.
3. Asimismo, debe considerarse la reutilización de los envases de plástico de 1 galón de capacidad utilizados en la elaboración artesanal de jabones líquidos antibacterianos, puesto que además de favorecer en el cuidado del medio ambiente, estos envases disminuyen significativamente el costo total anual del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Métodos; implicando una reducción de Q 1 861,04 a Q 1 388,04 en los costos de operación anuales del modelo con el proveedor actual de reactivos químicos, significando una

reducción del 25,42 por ciento en el costo de operación anual del modelo.

4. Es de suma importancia considerar el nuevo proveedor de reactivos químicos puesto que implicaría una significativa reducción del 48,93 por ciento en el costo total anual del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Plantas, referente a la elaboración artesanal de desinfectantes con envases reutilizados; así como una reducción del 30,76 por ciento en el costo total anual del modelo constructivista para el curso de Ingeniería de Métodos.
5. Dado que el área didáctica el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini, posee únicamente dos contenedores de desechos sólidos, un contenedor pequeño e identificado para desechos de papel y uno de mayor capacidad, no identificado, donde se dispone de cualquier tipo de desecho, se recomienda disponer dentro del laboratorio contenedores de desechos sólidos identificados, así como disponer de un contenedor destinado a los desechos plásticos, como guantes plásticos desechables, para su adecuada disposición durante el proceso de elaboración artesanal de desinfectante y jabón líquido antibacteriano.
6. Al ingreso de las instalaciones del laboratorio, es necesario que esté disponible dentro del mismo, un registro de ingreso de los estudiantes de los cursos de Ingeniería de Plantas e Ingeniería de Métodos que participen en el proceso de elaboración de los productos de limpieza de los modelos constructivistas, otorgando una fotocopia del registro a los catedráticos de estos cursos. Queda a criterio del catedrático contemplar la ponderación del modelo ya sea dentro de la zona del curso o una ponderación extra para la zona de los estudiantes.

7. Es indispensable implementar un sistema de seguridad industrial que contemple la implementación de rótulos, tanto en el interior como en los alrededores de las instalaciones del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini, sobre el uso del equipo de protección mínimo, bata de laboratorio y calzado cerrado, con el fin de preservar la integridad física de los estudiantes.

8. Asimismo, se recomienda utilizar el método de llenado propuesto en la página 120 para disminuir la generación de espuma durante el proceso de llenado del desinfectante y del jabón líquido antibacteriano recién elaborados, disminuyendo así los tiempos de llenado y así aumentar la eficiencia de los modelos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CALDERÓN S., Raymundo. *Constructivismo y aprendizajes significativos*. [en línea]: <http://www.monografias.com/trabajos7/aprend/aprend.shtml>. [Consulta: 27 de octubre de 2011].
2. CHADWICK, Clifton B. *La Psicología de Aprendizaje del Enfoque Constructivista*. [en línea]: http://www.tochtli.fisica.uson.mx/educacion/la_psicologia_de_aprendizaje_del.htm. [Consulta: 27 de octubre de 2011].
3. CÚMEZ C., Carmen F. *Investigación y formación de grupos de jóvenes investigadores*. Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado, Facultad de Ingeniería, USAC. Guatemala. 2009. 62 p.
4. DE JESÚS, Lizbelle. *Constructivismo*. [en línea]: <http://www.slideshare.net/lizbelled/constructivismo-104369>. [Consulta: 27 de octubre de 2011].
5. Sección de Gestión de la Calidad. *Desinfectante F2*. Guatemala. CII/USAC. 2012. 2 p.

6. Farmacia Droguería San Jorge. *Metilparabeno puro*. [en línea]: <http://www.drogueriasanjorge.com/quimicos-reempaque/quimicos-polvos/metilparabeno-puro-120-gr.html>. [Consulta: 29 de mayo de 2013].
7. GARCÍA P., Walter A. *Actualización del protocolo de seguridad, en los laboratorios de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de acuerdo a normativos dictados por la sociedad americana de química*. Guatemala. 2010. 213 p.
8. GIL P., Daniel. *El Modelo Constructivista de Enseñanza/Aprendizaje de las ciencias: Una Corriente Innovadora Fundamentada en la Investigación*. [en línea]: <http://www.oei.es/oeivirt/gil02.htm>. [Consulta: 27 de octubre de 2011].
9. HERNÁNDEZ R., Stefany. *El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje*. [en línea]: <http://www.uoc.edu/rusc/5/2/dt/esp/hernandez.pdf>. [Consulta: 27 de octubre de 2011].
10. Sección de Gestión de la Calidad. *Jabón para manos*. Guatemala. CII/USAC. 2012. 2 p.
11. NÁJERA H., Sara N. *Manual de fórmulas químicas y procedimientos para la elaboración de productos de limpieza del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado, Facultad de Ingeniería, USAC. Guatemala. 2009. 125 p.

12. NIEBEL, B. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a. ed. México: Alfaomega, 2004. 745 p.
13. Norma COGUANOR NGO 30025. *Detergentes desinfectantes basados en compuestos cuaternarios de amonio*. Ciudad: COGUANOR, 1991. 12 p.
14. Norma 8520-1D. Especificación para jabones de mano. Departamento de administración, división de compra y contrato. Carolina del Norte. 1999. 6 p.
15. OYARCE G., Cristian. *Lectoescritura: Propuesta constructivista*. [en línea]: <http://www.psicopedagogia.com/articulos/?articulo=365>. [Consulta: 27 de octubre de 2011].
16. SALGADO G., Edgar. *Introducción al constructivismo en la educación superior*. [en línea]: <http://es.scribd.com/doc/55480109/23/El-modelo-constructivista>. [Consulta: 27 de octubre de 2011].
17. TORRES, Ginger. *Modelos pedagógicos*. [en línea]: <http://gingermariatorres.wordpress.com/modelos-pedagogicos/>. [Consulta: 27 de octubre de 2011].

ANEXOS

1. Documento de autorización para el uso del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Doctora Alba Tabarini

	<p>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	
		<p>Nº 16472</p>
<p>Guatemala, 7 junio de 2012</p>		
<p>Ingeniero Zenón Much Jefe de Sección de Microbiología Sanitaria CII/USAC</p>		
<p>Estimado Ingeniero Much:</p>		
<p>El motivo de la presente es para solicitarle permiso para que la estudiante Gabriela Irene Asturias Rodríguez, con carné de identificación 200715037 de la carrera de Ingeniería Industrial con un grupo de estudiantes, realice la temática experimental de su trabajo de graduación: "METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC" en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina" ubicado en el segundo nivel del edificio T5 de este centro de investigaciones en horario de 08:00 -12:00 horas la semana del 11 al 15 de junio del presente año, bajo la supervisión del suscrito.</p>		
<p>Atentamente,</p>		
<p>"ID Y ENSEÑAD A TODOS"</p>		
<p>Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández COORDINADOR DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD Jefe de Sección de Gestión de la Calidad CII/USAC</p>		
<p>Vo.Bo. Inga Dilma Mejicanos Directora a.i. CII/USAC</p>		
<p>FACULTAD DE INGENIERIA —USAC— Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cii.usac.edu.gt</p>		

Fuente: CII/USAC.

2. Documento de autorización para la determinación de pH y niveles de espuma de las muestras a analizar en el CII/USAC



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Guatemala, 3 de agosto de 2012

Ingeniería Química
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Directora



Con un cordial saludo me dirijo a usted, para solicitarle la autorización para realizar ensayos en el CII, en la sección de Química Industrial que se llevarán a cabo con el propósito de completar la investigación de trabajo de graduación "METODOLOGÍA CONSTRUCTIVISTA PARA LA INICIATIVA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE APLICACIÓN DE LOS CURSOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA INDUSTRIAL EN EL CII/USAC", el cual estará a cargo de la estudiante Gabriela Irene Asturias Rodríguez, cursante de la carrera de Ingeniería Industrial, con carné No. 2007-15037 y asesorada por el Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández.

Los ensayos a realizar en la sección de Química Industrial son:

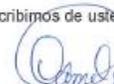
Cantidad	Ensayo
5	Determinación de pH en jabones líquidos antibacterianos
6	Determinación de pH en desinfectantes
5	Evaluación de niveles de espuma en jabones líquidos antibacterianos
6	Evaluación de niveles de espuma en desinfectantes

Para todos los ensayos se utilizará la cristalería disponible y reactiva necesaria para los mismos.

Agradeciendo de antemano su atención, nos suscribimos de usted atentamente.



Gabriela Irene Asturias Rodríguez
Estudiante de Ingeniería Industrial



Ing. Oswin Melgar
Asesor





AUTORIZADO
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

Realizarme de orden
Telma
Cobarral
04/08/2012



Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono Directo: 2418-9119 Celular: 2418-8000 Ext. 8009 y 86221 Fax: 2418-8121
Correo electrónico: cii@usac.guatemala.net

Fuente: CII/USAC.

3. Desinfectante F2, página 1, Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC

	<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DE DESINFECTANTE JUNIO DE 2012</p>	
---	---	---

LIMPIADOR DESINFECTANTE PARA PISOS F2

Materiales y equipo

1. Beaker de polipropileno de 1000 ml de capacidad
2. Probeta de polipropileno de 100 ml de capacidad
3. Beaker de polipropileno de 100 ml de capacidad
4. Pipeta serológica de 5 ml con el respectivo llenador universal
5. Agitador de vidrio de 6 x 250 ml
6. Paleta de madera
7. Embudo plástico
8. Colador plástico
9. Secador de toalla
10. Envase plástico de 1 galón de capacidad
11. Guantes plásticos

LIMPIADOR DESINFECTANTE PARA PISOS F2

Materia prima	Galón	Cantidad Medida
Nonilfenol	25 ml	
Alcohol isopropilico	10 ml	
Amonio cuatemano	4 ml	
Propilenglicol	12 ml	
Color Vegetal	20 ml puros	Ajustar con agua hasta 100 ml
Aroma	25 ml	
Agua		Ajustar el galón

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

4. **Desinfectante F2, página 2, Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC**

Descripción del proceso	Responsable
1. Se etiquetan temporalmente diferentes recipientes plásticos, con los nombres de la materia prima.	
2. En probeta de polipropileno, o en beaker de 100 ml o 1000 ml, se realizan las mediciones individuales de los siguientes ingredientes: nonilfenol, alcohol isopropílico, amonio cuaternario, propilenglicol, aroma, colorante vegetal.	
3. Los reactivos anteriores se depositan en recipientes etiquetados. Son colocados en el mismo orden en que fueron medidos.	

Descripción del proceso	Responsable
1. El nonilfenol es depositado en el recipiente de preparación.	
2. Al recipiente anterior se incorpora el alcohol isopropílico.	
3. La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.	
4. El amonio cuaternario es depositado en el recipiente de preparación.	
5. La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.	
6. El propilenglicol y aroma son agregados en un recipiente diferente.	
7. Esta mezcla también debe ser agitada mediante una varilla de agitación.	
8. La mezcla anterior se añade al recipiente de preparación.	
9. Las dos mezclas son agitadas mediante la paleta de madera.	
10. Se añade el agua medida al recipiente de preparación.	
11. Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.	
12. Se añade el colorante vegetal.	
13. Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.	
14. La mezcla final se agrega al recipiente del producto final, utilizando un colador y embudo como control de calidad. Se debe tener cuidado de introducir el desinfectante lentamente, para no producir gran cantidad de espuma.	
15. Se coloca la tapadera y etiqueta del producto final.	

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

5. Jabón para manos, página 1, Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC

	<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE JABON PARA MANOS JUNIO DE 2012</p>																	
<p>DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO</p>																		
<p>Materiales y equipo</p>																		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Beaker de polipropileno de 1000 ml de capacidad 2. Probeta de polipropileno de 100 ml de capacidad 3. Beaker de polipropileno de 100 ml de capacidad 4. Pipeta serológica de 5 ml con el respectivo llenador universal 5. Balanza analítica 6. Agitador de vidrio de 6 x 250 ml 7. Embudo plástico 8. Colador plástico 9. Secador de toalla 10. Envase plástico de 1 galón de capacidad 11. Paleta de madera para agitación 12. Guantes plásticos 13. Lentes de seguridad 14. Bata de laboratorio 																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="532 1352 875 1377">JABON PARA MANOS</th> <th data-bbox="875 1352 1198 1377">GALON</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="532 1377 875 1409">Texapon</td> <td data-bbox="875 1377 1198 1409">333 g</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 1409 875 1440">Cloruro de sodio</td> <td data-bbox="875 1409 1198 1440">300 g</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 1440 875 1472">Metilparaben</td> <td data-bbox="875 1440 1198 1472">2 g</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 1472 875 1503">Glicerina</td> <td data-bbox="875 1472 1198 1503">20 ml</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 1503 875 1535">Agua</td> <td data-bbox="875 1503 1198 1535">Ajustar a 3785 ml (galón)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 1535 875 1566">Fragancia</td> <td data-bbox="875 1535 1198 1566">14 ml</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 1566 875 1711">Colorante vegetal</td> <td data-bbox="875 1566 1198 1711">20 ml puros diluidos en 80 ml de agua</td> </tr> </tbody> </table>			JABON PARA MANOS	GALON	Texapon	333 g	Cloruro de sodio	300 g	Metilparaben	2 g	Glicerina	20 ml	Agua	Ajustar a 3785 ml (galón)	Fragancia	14 ml	Colorante vegetal	20 ml puros diluidos en 80 ml de agua
JABON PARA MANOS	GALON																	
Texapon	333 g																	
Cloruro de sodio	300 g																	
Metilparaben	2 g																	
Glicerina	20 ml																	
Agua	Ajustar a 3785 ml (galón)																	
Fragancia	14 ml																	
Colorante vegetal	20 ml puros diluidos en 80 ml de agua																	

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

6. Jabón para manos, página 2, Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC

Técnica Operativa

Descripción de la operación	Realizado
1. En una balanza analítica se realizan todas las mediciones, individualmente, de cloruro de sodio y metilparaben.	
2. En el recipiente de preparación se agrega la cantidad de texapon y mezclar.	
3. Se adiciona el cloruro de sodio; mezclándolos con una paleta de madera	
4. A la mezcla anterior se agrega lentamente una pequeña cantidad de agua mientras se agita con la paleta de mezclado para homogenizar.	
5. En el beaker de 100 ml se agrega el metil paraben con un poco de agua mezclando con el agitador de vidrio.	
6. En la probeta de polipropileno se mide la cantidad especificada de glicerina.	
7. Se adiciona la cantidad especificada de glicerina en el recipiente de preparación, y se continúa agitando la mezcla.	
8. En el beaker de 100 ml se agrega la cantidad indicada de aroma, se agrega a la mezcla y se combinan mediante agitación.	
9. Se sigue agregando agua poco a poco, mezclando uniformemente hasta homogeneizar. Así se prosigue hasta alcanzar el nivel deseado.	
10. Se agrega la cantidad específica de colorante vegetal hasta obtener un color uniforme con la mezcla.	
11. La mezcla obtenida es agregada al envase de galón (cubeta) utilizando el embudo y el colador como control de calidad. El resultado será un ligero enturbiamiento del preparado.	
12. El envase lleno con la mezcla de jabón para manos debe secarse del exceso de humedad, con el secador de toalla.	
13. Se procede a colocar la tapa del envase.	
14. Se procede a etiquetar el envase, el cual ya está listo para su posterior utilización.	

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

7. Resultados autorizados de pH de los 6 desinfectantes y de los 5 jabones líquidos analizados



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 30267
QUIND-LAFIQ No. Informe Lab. 40-12

Interesado: Gabriela Irene Asturias Rodríguez
 Proyecto: Trabajo de Graduación "Metodología Constructivista para la Iniciativa en la Elaboración de Productos en el Área de la Aplicación de los Recursos de Producción"
 Muestra: 5 jabones líquidos y 6 desinfectantes
 Fecha: 26 de septiembre de 2012

a) Determinación de pH de Desinfectantes

Identificación*	pH
1	6.5520 ± 0.0005
2	6.8280 ± 0.0005
3	7.1600 ± 0.0005
4	6.9950 ± 0.0005
M	7.3180 ± 0.0005
R	6.9720 ± 0.0005

* Muestras proporcionada por el interesado

b) Determinación de pH de Jabones Líquidos

Identificación*	pH
A	6.8010 ± 0.0005
B	5.5580 ± 0.0005
C	7.7400 ± 0.0005
I	5.3500 ± 0.0005
O	4.5890 ± 0.0005

* Muestras proporcionada por el interesado

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: LAFIQ, CII/USAC.

8. Resultados autorizados de niveles de espuma de los 6 desinfectantes y de los 5 jabones líquidos analizados



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



c) Determinación de Nivel de Espuma de Desinfectantes

Identificación*	Volumen de Desinfectante (mL)	Volumen de Espuma (mL)
1	100.10	3.70
2	100.10	3.90
3	100.10	5.10
4	100.10	0.20
M	100.10	1.00
R	100.10	3.10

* Muestras proporcionada por el interesado

d) Determinación de Nivel de Espuma de Jabones Líquidos

Identificación*	Volumen de Desinfectante (mL)	Volumen de Espuma (mL)
A	100.10	0.40
B	100.10	0.70
C	100.10	0.30
I	100.10	0.60
O	100.10	0.70

* Muestras proporcionada por el interesado

MSc. Ingrid Lorena Benítez Pacheco
Coordinadora LAFIQ/DI

Ing. César Alfonso García Guerra
Jefe de Sección Química Industrial

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cahq Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería




FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: LAFIQ, CII/USAC.

9. Jabón para manos, marzo de 2012, página 1, Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC

	<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE JABON PARA MANOS MARZO DE 2012</p>																																					
<p>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO</p>																																						
<p>Materiales y equipo</p>																																						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Beaker de polipropileno de 1000 ml de capacidad 2. Probeta de polipropileno de 100 ml de capacidad 3. Beaker de polipropileno de 100 ml de capacidad 4. Pipeta serológica de 5 ml con el respectivo llenador universal. 5. Balanza analítica 6. Agitador de vidrio de 6 x 250 ml 7. Embudo plástico 8. Colador plástico 9. Secador de toalla 10. Envase plástico de 1 galón de capacidad. 11. Paleta de madera para agitación 12. Guantes plásticos 13. Lentes de seguridad 14. Bata de laboratorio 																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">JABON PARA MANOS</th> <th style="text-align: center;">LITRO</th> <th style="text-align: center;">GALON</th> <th style="text-align: center;">3 GALONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Texapon</td> <td style="text-align: center;">84 g</td> <td style="text-align: center;">333 g</td> <td style="text-align: center;">1000 g</td> </tr> <tr> <td>Dietanolamina</td> <td style="text-align: center;">12.5 ml</td> <td style="text-align: center;">50 ml</td> <td style="text-align: center;">150 ml</td> </tr> <tr> <td>Cloruro de sodio</td> <td style="text-align: center;">37.5 g</td> <td style="text-align: center;">150 g</td> <td style="text-align: center;">450 g</td> </tr> <tr> <td>Propilparaben</td> <td style="text-align: center;">0.25 gr</td> <td style="text-align: center;">1 gr</td> <td style="text-align: center;">3 gr</td> </tr> <tr> <td>Metilparaben</td> <td style="text-align: center;">3 g</td> <td style="text-align: center;">2 g</td> <td style="text-align: center;">6 g</td> </tr> <tr> <td>Glicerina</td> <td style="text-align: center;">5 ml</td> <td style="text-align: center;">20 ml</td> <td style="text-align: center;">60 ml</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">Ajustar la cantidad necesaria</td> </tr> <tr> <td>Fragancia</td> <td style="text-align: center;">3.5 ml</td> <td style="text-align: center;">14 ml</td> <td style="text-align: center;">42 ml</td> </tr> </tbody> </table>			JABON PARA MANOS	LITRO	GALON	3 GALONES	Texapon	84 g	333 g	1000 g	Dietanolamina	12.5 ml	50 ml	150 ml	Cloruro de sodio	37.5 g	150 g	450 g	Propilparaben	0.25 gr	1 gr	3 gr	Metilparaben	3 g	2 g	6 g	Glicerina	5 ml	20 ml	60 ml	Agua	Ajustar la cantidad necesaria			Fragancia	3.5 ml	14 ml	42 ml
JABON PARA MANOS	LITRO	GALON	3 GALONES																																			
Texapon	84 g	333 g	1000 g																																			
Dietanolamina	12.5 ml	50 ml	150 ml																																			
Cloruro de sodio	37.5 g	150 g	450 g																																			
Propilparaben	0.25 gr	1 gr	3 gr																																			
Metilparaben	3 g	2 g	6 g																																			
Glicerina	5 ml	20 ml	60 ml																																			
Agua	Ajustar la cantidad necesaria																																					
Fragancia	3.5 ml	14 ml	42 ml																																			

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

10. Jabón para manos, marzo de 2012, página 2, Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC

Técnica Operativa

Descripción de la operación	Realizado
1. En una balanza analítica se realizan todas las mediciones, individualmente, de cloruro de sodio, metilparaben y propilparaben	
2. En el recipiente de preparación se agrega la cantidad de Texapon y la dietanolamina, y se mezclan.	
3. Se adiciona el cloruro de sodio; mezclándolos con una paleta de madera.	
4. A la mezcla anterior se agrega lentamente una pequeña cantidad de agua mientras se agita con la paleta de mezclado para homogenizar.	
5. En el beaker de 100 ml se agrega el metilparaben y propilparaben con un poco de agua mezclando con el agitador de vidrio.	
6. En la probeta de polipropileno se mide la cantidad especificada de glicerina.	
7. Se adiciona la cantidad especificada de glicerina en el recipiente de preparación, y se continúa agitando la mezcla.	
8. En el beaker de 100 ml se agrega la cantidad indicada de aroma, se agrega a la mezcla y se combinan mediante agitación.	
9. Se sigue agregando agua poco a poco, mezclando uniformemente hasta homogeneizar. Así se prosigue hasta alcanzar el nivel deseado.	
10. Se agrega la cantidad específica de colorante vegetal hasta obtener un color uniforme con la mezcla.	
11. La mezcla obtenida es agregada al envase de galón (cubeta) utilizando el embudo y el colador como control de calidad. El resultado será un ligero enturbiamiento del preparado.	
12. El envase lleno con la mezcla de jabón para manos debe secarse del exceso de humedad, con el secador de toalla	
13. Se procede a colocar la tapa del envase.	
14. Se procede a etiquetar el envase, el cual ya está listo para su posterior utilización	

Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.