



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Propuesta de mejora de diseño  
de una trampa de grasa para  
restaurantes**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A (N)**

Alexis Yoshimar Arellano Luna

Emmanuel Roberto Sánchez Campos

**DIRECTOR(A) DE TESIS**

Dra. Alejandra Castro González



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Ingresada 2017**

## Índice general

Índice de figuras .....	iv
Índice de tablas.....	vi
Resumen.....	vii
Introducción .....	viii
Objetivo .....	ix
Objetivos Particulares: .....	ix
Capítulo 1 Antecedentes .....	1
1.1 Clasificación de restaurantes.....	1
1.2 Trampas de grasa .....	11
1.3 Tipos de trampas de grasa.....	13
1.3.1 Interceptor de grasa hidromecánico .....	13
1.3.2 Interceptor de grasa por gravedad.....	14
1.3.3 Dispositivo de eliminación de grasa .....	15
1.4 Normatividad.....	16
1.4.1 Construcción de equipos de prueba.....	18
1.4.2 Instalación del equipo de ensayo .....	18
1.4.3 Instalación de tuberías de residuos.....	19
1.4.4 Procedimientos de pruebas preliminares .....	20
1.4.5 Procedimiento de ensayo de certificación .....	21
1.4.6 Capacidades de certificación .....	24
Capítulo 2 Fundamentos .....	25
2.1 Funcionamiento.....	25
2.2 Criterio de diseño .....	25
2.2.1 Principales Elementos.....	26
2.2.2 Fases de Desarrollo de un producto.....	29
2.2.3 El Proceso de Consolidación .....	29
2.2.4 Modelado del proceso de diseño .....	32
2.3 Construcción e Innovación .....	37
2.4 Consideración de operación y mantenimiento .....	38

Mantenimiento preventivo .....	39
Mantenimiento correctivo .....	40
2.5 Tratamiento del desecho.....	41
2.5.1 Bacterias .....	41
2.5.2 Enzimas.....	41
Capítulo 3. Materiales y métodos .....	45
3.1 Casos de estudio (situación actual) .....	45
3.2 Planteamiento de la metodología .....	47
Capítulo 4. Resultados.....	48
4.1 Restaurantes supervisados.....	48
4.1.1 Supervisión de trampa de grasa de un restaurante de comida mexicana .....	49
4.1.2 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida japonesa .....	51
4.1.3 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida libanesa .....	53
4.2 Planteamiento de soluciones .....	57
4.3 Re-diseño.....	73
4.4 Diagrama de la doble hélice .....	93
4.5 Determinación de los parámetros.....	94
4.5.1Tiempo de retención .....	94
4.5.2 Flujo .....	94
4.5.3 Concentración.....	94
4.5.5 Frecuencia de bombeo .....	94
4.5.6 Química.....	94
4.5.7 Dimensionamiento .....	94
4.6 Mantenimiento.....	99
4.7 Factibilidad económica.....	100
4.8 Factibilidad ambiental .....	101
Capítulo 5. Conclusiones .....	104
Referencias .....	107

## Índice de figuras

Figura 1.1 Registro de Restaurantes en la Ciudad de México .....	7
Figura 1.2 Restaurantes con servicio completo en la Ciudad de México .....	7
Figura 1.3 Restaurantes de autoservicio en la Ciudad de México .....	8
Figura 1.4 Restaurantes de comida para llevar en la Ciudad de México .....	8
Figura 1.5 Servicio de comedor para empresas e instituciones .....	8
Figura 1.6 Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales .....	9
Figura 1.7 Ciudad de México .....	9
Figura 1.8 Sistemas que componen una trampa de grasa .....	12
Figura 1.9 Residuos abandonados de una trampa de grasa .....	12
Figura 1.10 Trampa con ubicación relativa .....	13
Figura 1.11 Trampa con ubicación bajo tierra .....	14
Figura 1.12 Interceptor de grasa por gravedad .....	15
Figura 1.13 Dispositivo de eliminación de grasa .....	16
Figura 1.14 Instalación de equipos de prueba .....	20
Figura 1.15 Diagrama de trayectoria .....	22
Figura 2.1 Modelo de la doble hélice en el diseño apodóctico .....	28
Figura 2.2 Procedimiento del diseño apodóctico.....	32
Figura 2.3 Proceso directo .....	33
Figura 2.4 Proceso retroalimentado .....	33
Figura 2.5 Proceso retroalimentado amortiguado .....	34
Figura 2.6 Diseño propuesto en la normatividad de Perú.....	36
Figura 2.7 Dispositivo adjunto en la normatividad de Perú.....	36
Figura 2.8 Relación entre actividad enzimática y temperatura .....	42
Figura 3.1 Formato de datos para la supervisión .....	45
Figura 3.2 Diagrama de flujo de la metodología.....	47
Figura 4.1 Fotografía de las condiciones de la trampa de grasa en un restaurante de comida mexicana .....	49
Figura 4.2 Fotografía de vista superior de la trampa de grasa después de la realización del mantenimiento preventivo.....	50
Figura 4.3 Fotografía de la presencia de moho y grasas adheridos en las paredes y guías del dispositivo y bosquejo de vista superior de la trampa de grasa.....	50
Figura 4.4 Fotografía de las condiciones de la trampa de grasa en un restaurante de comida japonesa .....	51
Figura 4.5 Fotografía del sistema de admisión y escape de una trampa de comida japonesa .....	52
Figura 4.6 Fotografía en donde se observa la retención de compuesto orgánico por sistema de sedimentación .....	52
Figura 4.7 Fotografía tomada del desecho orgánico .....	53
Figura 4.8 Fotografía tomada de la mala segregación de los desechos.....	53
Figura 4.9 Fotografía de la supervisión en un restaurante de comida libanesa .....	54
Figura 4.10 Fotografía del sistema de admisión y escape de una trampa de comida libanesa .....	55
Figura 4.11 Fotografía de la acumulación de moho y comida orgánica en la canastilla que pertenece al sistema de sedimentación .....	56

Figura 4.12 Pares cinemáticos del mecanismo .....	57
Figura 4.13 Mecanismo dividido por articulaciones .....	58
Figura 4.14 Mecanismo dividido por elabones .....	59
Figura 4.15 Partes que componen a una trampa de grasa .....	62
Figura 4.16 Tipo de arquitectura de cada una de las partes de la trampa de grasa .....	62
Figura 4.17 Desacoplamientos en la trampa de grasa .....	63
Figura 4.18 Apéndices en una trampa de grasa.....	64
Figura 4.19 Agujeros en la trampa de grasa .....	64
Figura 4.20 Desinformación en una trampa de grasa .....	65
Figura 4.21 Zonas Vulnerables dentro de la trampa de grasa.....	66
Figura 4.22 Diagrama Padres e hijos de una trampa de grasa .....	67
Figura 4.23 Diagrama de padres e hijos del resultado obtenido.....	68
Figura 4.24 Diagrama de funciones unitarias de la trampa de grasa.....	69
Figura 4.25 Diagrama de funciones unitarias de la trampa de grasa re diseñada .....	69
Figura 4.26 Diagrama del mecanismo de recolección de la trampa de grasa rediseñada .....	69
Figura 4.27 Análisis de las partes del mecanismo de recolección en la trampa de grasa .....	71
Figura 4.28 Solución final .....	72
Figura 4.29 Trampa de grasa modelo IC-75 marca Coriat .....	73
Figura 4.30 Vista al interior de una trampa de grasa Coriat modelo IC-75 .....	74
Figura 4.31 Ficha técnica de trampa de grasa modelo IG-40 marca Helvex .....	75
Figura 4.32 Guia fracturada y moho acumulado .....	76
Figura 4.33 Accesorios de trampa de grasa marca Helvex modelo IG-40.....	77
Figura 4.34 Canastilla recolectora de solidos.....	78
Figura 4.35 Deflector Manufacturado.....	78
Figura 4.36 Vista superior y expansión del sistema de acoplamiento de deflectores con canastilla retenedora de solidos .....	79
Figura 4.37 Bastón retráctil que permite la salida del mecanismo.....	80
Figura 4.38 Diseño en CAD del bastón retráctil .....	80
Figura 4.39 Modelado en CAD de cooples acoplados al deflector .....	81
Figura 4.40 Vista lateral de los cooples reales para adaptación del bastón retráctil .....	81
Figura 4.41 Vista superior del bastón retráctil soldado al sistema de canastilla y deflectores .....	82
Figura 4.42 Diseño de la canastilla suspendida a través de NX 10.....	82
Figura 4.43 Diseño de una rampa integral en el software de diseño .....	83
Figura 4.44 Mecanismo interno de la trampa de grasa .....	84
Figura 4.45 Vista superior del mecanismo resultante, al interior de la trampa de grasa .....	84
Figura 4.46 Funcionamiento de la trampa de grasa diseñada.....	85
Figura 4.47 Funionamiento del mecanismo diseñado al momento de reaizar el movimiento correspondiente .....	86
Figura 4.48 Salida del mecanismo del interior de la trampa de grasa .....	87
Figura 4.49 Vista lateral de la trampa de grasa.....	88
Figura 4.50 Vista superior de la canastilla de la trampa de grasa .....	89
Figura 4.51 Vista frontal del deflector de la trampa de grasa .....	90
Figura 4.52 Vista lateral de la rampa integral.....	91
Figura 4.53 Vista lateral del bastón retráctil .....	92

Figura 4.54 Diagrama de la doble hélice de la trampa de grasa diseñada .....	93
Figura 4.55 Sección transversal de un interceptor de grasa .....	95
Figura 4.56 Algoritmo de control para administrar las GAR en su establecimiento .....	100

## Índice de tablas

Tabla 1.1 Clasificación de restaurantes por tipo de actividad económica.....	1
Tabla 1.2 Clasificación de restaurantes por servicio al comensal .....	2
Tabla 1.3 Registro de restaurantes por delegación.....	4
Tabla 1.4 Restaurantes registrados en la DENUE en la Ciudad de México. ....	9
Tabla 1.5 Clasificación de restaurantes por tipo de desecho. ....	10
Tabla 1.6 Capacidades de certificación .....	24
Tabla 4.1 Tipo de restaurantes supervisados .....	48
Tabla 4.2 Resultados de los diferentes tipos de mantenimiento realizados a diversos restaurantes....	48
Tabla 4.3 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida mexicana.....	49
Tabla 4.4 Supervisión de trampa de grasa: Restaurante de comida japonesa.....	51
Tabla 4.5 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida japonesa... ..	53
Tabla 4.6 Comparación en las observaciones en cada trampa .....	56
Tabla 4.7 Partes y Arquitectura de la trampa de grasa .....	62
Tabla 4.8 Análisis de las partes de la trampa de grasa base .....	70
Tabla 4.9 Análisis de las partes de la trampa de grasa rediseñada.....	70
Tabla 5.1 Comparación de numero de partes entre el diseño original y el rediseño.....	71
Tabla 5.2 Comparación de los desacoplamientos después del proceso de diseño .....	72
Tabla 5.3 Método de calibrado según el tamaño y la pendiente del diámetro de la tubería.....	95
Tabla 5.4 Procedimiento para clasificar los interceptores de grasa.....	96
Tabla 5.5 Tabla de selección (Equivalentes métricos omitidos por simplicidad).....	97
Tabla 5.6 Tiempo de viaje para que un glóbulo de aceite suba 3 pulgadas a 20°C.....	98
Tabla 5.7 Benchmarking de las diferentes trampas de grasa que hay en el mercado.....	101

## Resumen

La presente investigación inició por un interés compartido en el cuidado del ambiente desde la perspectiva y conocimientos otorgados durante el curso de la licenciatura, durante el desarrollo de la presente, se vislumbró que ha sido un tema restringido por el medio debido a las deficiencias de las normas y acciones para mejorar la sanidad en restaurantes y establecimientos de comida, debido a que esta investigación se realizó con fines académicos se han omitido datos debido a la privacidad que solicitaron los diferentes gerentes y dueños de restaurantes.

La investigación surge a partir de la clasificación de los residuos de la industria restaurantera y las consecuencias que se presentan en las instalaciones de esta tan importante actividad económica, se clasificaron a restaurantes con base en el tipo de residuo que presentan, lo cual es un resultado del tipo de giro que tiene cada uno de los restaurantes.

Se inició realizando un protocolo de investigación con una muestra representativa de diez restaurantes, los cuales se visitaron de manera personal, en donde nos permitieron el acceso para observar, analizar y tomar fotografías de sus instalaciones y procesos en donde se lleva a cabo la gestión de residuos que los gerentes creen conveniente. Actualmente la NOM-251-SSA1-2009, sobre prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios en su apartado de disposiciones generales, solo menciona en un enunciado que cuando se requiera los drenajes deben estar provistos de trampas de grasa, el cual es un dispositivo que detiene los residuos presentes en las tuberías y sistemas de limpieza de utensilios, antes de descargarse al sistema de drenaje.

La investigación señala que esta principal fuente de captación de residuos, presenta deficiencias en diseño y mantenimiento, motivo por el cual fue necesario darle mantenimiento tanto correctivo como preventivo a diversas trampas de grasa para lograr desarrollar una solución de mantenimiento eficiente dadas las condiciones de ubicación de este dispositivo y el tipo de actividad económica en diferentes restaurantes.

La propuesta de diseño de la trampa de grasa, se enfoca en una solución para un restaurante que arroja residuos de comida mexicana, la solución se proyecta mediante el “Enfoque apodíctico de diseño”, en donde el objetivo es analizar la arquitectura del producto, mediante un análisis de las interacciones con el usuario y las diferentes partes que componen a un sistema, con el cual se logra una mejor administración del residuo y un mantenimiento más eficiente en las trampas de grasa. Por lo tanto se concluyó que el nuevo diseño de trampa de grasa se acoplo a las necesidades presentadas, y que es posible lograr un mantenimiento eficiente, se espera poner a prueba este dispositivo bajo condiciones reales, dados los parámetros para lo cual fue diseñado, es decir, observar el comportamiento real y realizar el mantenimiento de esta trampa de grasa en un restaurante de comida mexicana.

## Introducción

El arte culinario mexicano, es una manifestación viva y ancestral derivada de la cultura en la que se ha desarrollado un país con una originalidad de productos de cosecha nacional, un popurrí de sabores que posee una calidad reconocida a nivel mundial, por ello en 2010, la UNESCO, la declaró como: “Patrimonio Inmaterial de la humanidad”.

Es una cultura que demuestra una creatividad y continuidad histórica desde las manos de nuestros ancestros, quienes aprendieron a sembrar en diferentes tipos de climas, hasta los restaurantes más reconocidos en América Latina, por ello como mexicanos somos partícipes de salvaguardar tan preciado orgullo.

Si observamos desde un enfoque global este arte nacional, no nace solo de la mezcla de sabores prehispánicos, que dejan satisfecho al comensal sino desde un lugar más remoto, como lo es nuestra cocina, en donde la higiene y la salud son agentes que tienen un papel importante para su preservación.

La presente investigación muestra parte de una problemática en la cual ha estado envuelta la cocina mexicana desde hace varias décadas y que no ha sido atendida con suficiente tenacidad, los residuos resultantes de la preparación de alimentos en establecimientos comerciales y de servicio no son gestionados de manera correcta, creando un índice de contaminación en el entorno en el cual son preparados.

Los recursos naturales que se ven perjudicados son: aire, agua y suelo; ante esta problemática de carácter público no ha existido una investigación seria que nos lleve a buscar una política de apoyo para una correcta gestión de los residuos generados en cada restaurante, específicamente aquellos residuos arrojados y alojados en dispositivos llamados trampas de grasa, que tiene como consecuencia un índice de contaminación en el sistema de tuberías y de alcantarillado del entorno que los rodea.

Estos han estado desactualizados desde hace años, la diversidad de restaurantes y de residuos han rebasado las demandas de sanidad necesarias en cada tipo de establecimiento. La presente tesis propone una reingeniería capaz de ayudar a una gestión más viable y rápida para el mantenimiento de estos dispositivos y así lograr abrir una brecha hacia la administración de estos residuos.

Como ponentes pretendemos que la presente sea un llamado a investigadores, ciudadanos e instituciones, a seguir encontrando soluciones desde distintas perspectivas ante problemáticas sanitarias y ambientales que hoy son una realidad, con la esperanza de redirigir nuestros pasos para resolver necesidades específicas que tengan un impacto, más allá de las predicciones de expertos. Depende de nosotros como ciudadanos continuar presionando a sumar esfuerzos mientras aún tenemos los medios para mejorar la calidad, la sanidad y la higiene del ambiente que nos rodea, es por ello que nos sentimos honrados al presentar este trabajo.

## Objetivo

Proponer la mejorar de diseño de una trampa de grasa para restaurantes segregando los desechos de manera eficiente y reduciendo la contaminación al ambiente.

### Objetivos Particulares:

- Diseñar las mejoras en los desechos de trampas de grasa y aceites con base en una investigación de campo de la situación actual de los restaurantes en los establecimientos de la Ciudad de México.
- Proponer una óptima segregación de los desechos.
- Escatimar la viabilidad de los resultados obtenidos sobre el manejo, separación y confinamiento de grasas y aceites en los restaurantes de la Ciudad de México a través de la reducción de emisiones de  $CO_{2e}$

# Capítulo 1 Antecedentes

## 1.1 Clasificación de restaurantes

Con fines prácticos se han clasificado a los restaurantes en dos grandes ramas:

- a) Por actividad económica
- b) Por servicio al comensal

### a) Por actividad económica:

La Cámara de Comercio de la Industria de Restaurantes y Alimentos Condimentados (CANIRAC), posee un sistema de clasificación basado en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) mediante las diversas actividades económicas que llevan a cabo en la industria restaurantera. (Tabla 1.1)

Tabla 1.1 Clasificación de restaurantes por tipo de actividad económica [INEGI, 2014].

<b>Tipo de actividad económica</b>	<b>Logística</b>	<b>Descripción</b>
Restaurantes con servicio completo	Preparación de alimentos y bebidas para consumo inmediato, tomarle la orden desde su mesa o similar	Servirle los alimentos y bebidas que ordenó. Incluye también: restaurantes con servicio completo dedicados principalmente a la preparación de bebidas no alcohólicas (café, té, chocolate)
Restaurantes de auto servicio	El cliente ordena su pedido a través de un mostrador y paga antes de la entrega de sus alimentos y bebidas	Consumo en las instalaciones del restaurante, o bien en áreas comunes de centros comerciales, aeropuerto, es decir, no recibe servicio de atención en su lugar.
Restaurantes de comida para llevar	El cliente ordena su pedido a través de un mostrador, barra o por vía telefónica y paga antes o al momento de la entrega	Sus alimentos y bebidas, los cuales consume en su domicilio o en otro lugar.
Otros restaurantes con servicio limitado	El cliente ordena su pedido a través de un mostrador, barra o similar y por lo general paga antes de la entrega	Los cuales consume en las instalaciones del restaurante, pudiendo recibir servicio limitado de atención, servicio limitado dedicados principalmente a preparar café para consumo inmediato en combinación con el tostado y la molienda del mismo

Tabla 1.1 Clasificación de restaurantes por tipo de actividad económica [INEGI, 2014].  
(Continuación)

Servicio de comedor para empresas instituciones	Entrega de alimentos y bebidas para consumo inmediato	Por contrato para industrias, oficinas, hospitales, medios de transporte, e instituciones, por un tiempo determinado
Servicio de preparación de alimentos para ocasiones especiales.	La preparación y entrega de alimentos y bebidas para consumo inmediato	Para ocasiones especiales como bodas, seminarios, conferencias. Incluye también a la preparación de alimentos y bebidas para ocasiones especiales en combinación con el alquiler de salones para fiestas

Existe otro tipo de clasificación para restaurantes, el cual se basa en una métrica de estatus, llamada clasificación por número de tenedores, como se muestra en la Tabla 1.2

Tabla 1.2 Clasificación de restaurantes por servicio al comensal [De la Torre, Francisco.1997]

<b>Tipo de Restaurante</b>	<b>Número de tenedores</b>	<b>Descripción</b>
Lujo	5	Los mobiliarios, los accesorios decorativos, la cristalería y demás elementos que lo integran son de excelente calidad. Las mesas, las alfombras, sillas, manteles, los alimentos, el servicio, los platos y demás son elegidos cuidadosamente. El precio en estos es variado, el cual se determina tomando en cuenta la calidad de los platillos y el servicio.
Primera Clase	4	Los mobiliarios, los accesorios decorativos, la cristalería y demás elementos que lo integran son de excelente calidad. Las mesas, las alfombras, sillas, manteles, los alimentos, el servicio, los platos y demás son elegidos cuidadosamente. El precio en estos es variado, el cual se determina tomando en cuenta la calidad de los platillos y el servicio.
Segunda Clase	3	Se le suele considerar como restaurante turístico. Estos son fáciles de distinguir al compararlos con los restaurantes de cinco y cuatro tenedores, ya que carece de acceso especial para los proveedores y empleados.
Tercera Clase	2	Aquí no se recae al lujo, solo se piensa en tener a disposición los insumos resistentes, y se llega a ofrecer hasta 4 entradas. En este restaurante solo hay un solo acceso por la cual accede el personal y los clientes. También dispone de baños individuales, uno para las mujeres, y otro para los hombres.

Tabla 1.2 Clasificación de restaurantes por servicio al comensal [De la Torre, Francisco.1997]  
(Continuación)

Cuarta Clase	1	Estos se distinguen porque el comedor se encuentra separado de la cocina, así mismo únicamente se sirve un menú sencillo con cuatro entradas. En este tipo de restaurante la cristalería, la vajilla y la mantelería son limpios, sencillos y a la vez resistentes. Así mismo el servicio es informar, o sea, que los meseros no están uniformados.
Gourmet	No Aplica	Restaurantes donde se sirven los alimentos directamente a la mesa, y los mismos son de muy alta calidad. Este en cuanto a menú y servicio es muy parecido al de la primera clase. Se preparan platos exquisitos y poco comunes, que requieren de una gran elaboración.
Especialidades	No Aplica	En esta solo se limita a la preparación de platos de algunos estilos de cocina, donde se preparan distintos platillos acorde a su especialidad. Este es muy parecido al restaurante étnico, ya que aquí se ofrecen los platillos que más representan a la región.
Familiar	No Aplica	Aquí se llegan a servir alimentos que tienen un precio bien económico y que su preparación es sencilla. Su servicio es bien confiable y suelen aparecer varias franquicias
Buffet	No Aplica	Es uno de los restaurantes más recurridos por los que trabajan largas horas de trabajo, donde llegan a elegir sus platos entre una gran diversidad de platos que son cocinados y luego colocados para autoservicio. Su precio varía según el peso de la comida, o la cantidad de platos.
Comida Rápida	No Aplica	Muy utilizado en la actualidad, ya que suele visualizarse como un restaurante informal, donde se llegan a ofrecer productos de fácil preparación y que son muy simples, como son las pizzas, las papas fritas, las hamburguesas, y el pollo frito.
Temáticos	No Aplica	Estos se reconocen por el tipo de platos que llega a ofrecer, donde se logran destacar la cocina francesa, la dominicana, la italiana, la española, etc.
Conveniente	No Aplica	En este predomina un servicio rápido, y el precio de los platos resulta ser muy económico. Es muy preferido por muchos, debido a la limpieza, buena organización y el rico sabor de sus platos.
Menú y a la Carta	No Aplica	Son los restaurantes que ofrecen una gran diversidad de platillos individuales, para que así los comensales elijan los platos según su presupuesto y sus gustos.

El directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) ofrece los datos de identificación, ubicación, actividad económica y tamaño de los negocios activos en el territorio nacional, en este caso se analizó aquellos que corresponden a la industria restaurantera, los cuales fueron incorporados al DENUE en 2010.

En la Tabla 1.3 y las Figura 1.1 a 1.6, se presentan las estadísticas de los restaurantes registrados por delegación en la Ciudad de México, siguiendo la clasificación como se muestra a continuación [DENUE, 2014]:

- Restaurantes con servicio completo.
- Restaurantes de autoservicio.
- Restaurantes de comida para llevar.
- Servicios de comedor para empresas e instituciones.
- Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales.

Tabla 1.3 Registro de restaurantes por delegación [DENUE, 2014].

<b>Delegación</b>	<b>Tipo de restaurante</b>	<b>Registro DENUE</b>	<b>%</b>
Álvaro Obregón	Restaurantes de servicio completo	150	84%
	Restaurantes de autoservicio	13	7%
	Restaurantes de comida para llevar	6	3%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	3	2%
	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	7	4%
<b>TOTAL</b>		<b>179</b>	<b>100%</b>
Azcapotzalco	Restaurantes de servicio completo	28	65%
	Restaurantes de autoservicio	7	16%
	Restaurantes de comida para llevar	1	2%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	7	16%
<b>TOTAL</b>		<b>43</b>	<b>100%</b>
Benito Juárez	Restaurantes de servicio completo	205	83%
	Restaurantes de autoservicio	23	9%
	Restaurantes de comida para llevar	11	4%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	5	2%
	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	4	2%
<b>TOTAL</b>		<b>248</b>	<b>100%</b>

Tabla 1.3 (Continuación) Registro de restaurantes por delegación [DENUE, 2014].

Coyoacán	Restaurantes de servicio completo	101	77%
	Restaurantes de autoservicio	18	14%
	Restaurantes de comida para llevar	11	8%
	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	2	2%
	<b>TOTAL</b>	<b>132</b>	<b>100%</b>
Cuajimalpa	Restaurantes de servicio completo	31	79%
	Restaurantes de autoservicio	7	18%
	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	1	3%
	<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>100%</b>
Cuauhtémoc	Restaurantes de servicio completo	454	91%
	Restaurantes de autoservicio	25	5%
	Restaurantes de comida para llevar	9	2%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	4	1%
	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	8	2%
<b>TOTAL</b>	<b>500</b>	<b>100%</b>	
Gustavo A. Madero	Restaurantes de servicio completo	68	71%
	Restaurantes de autoservicio	9	9%
	Restaurantes de comida para llevar	12	13%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	4	4%
	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	3	3%
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>100%</b>	
Iztacalco	Restaurantes de servicio completo	26	84%
	Restaurantes de autoservicio	2	6%
	Restaurantes de comida para llevar	2	6%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	1	3%
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>100%</b>	
Iztapalapa	Restaurantes de servicio completo	38	64%
	Restaurantes de autoservicio	13	22%
	Restaurantes de comida para llevar	6	10%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	2	3%
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>100%</b>	

Tabla 1.3 (Continuación) Registro de restaurantes por delegación [DENUE, 2014].

Magdalena Contreras	<b>Restaurantes de servicio completo</b>	<b>8</b>	<b>73%</b>
	Restaurantes de autoservicio	2	18%
	Restaurantes de comida para llevar	1	9%
	<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>
<b>Miguel Hidalgo</b>	Restaurantes de servicio completo	68	71%
	Restaurantes de autoservicio	9	9%
	Restaurantes de comida para llevar	12	13%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	4	4%
	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	3	3%
	<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>100%</b>
<b>Milpa Alta</b>	Restaurantes de servicio completo	4	80%
	Restaurantes de comida para llevar	1	20%
	<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>100%</b>
<b>Tláhuac</b>	Restaurantes de servicio completo	6	67%
	Restaurantes de autoservicio	1	11%
	Restaurantes de comida para llevar	2	22%
	<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>
<b>Tlalpan</b>	Restaurantes de servicio completo	65	79%
	Restaurantes de autoservicio	9	11%
	Restaurantes de comida para llevar	2	2%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	3	4%
	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	3	4%
	<b>TOTAL</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>
<b>Venustiano Carranza</b>	Restaurantes de servicio completo	59	38%
	Restaurantes de autoservicio	5	3%
	Restaurantes de comida para llevar	7	4%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	3	2%
	<b>TOTAL</b>	<b>156</b>	<b>100%</b>
<b>Xochimilco</b>	Restaurantes de servicio completo	7	64%
	Restaurantes de comida para llevar	3	27%
	Servicios de comedor para empresas e instituciones	1	9%
	<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>

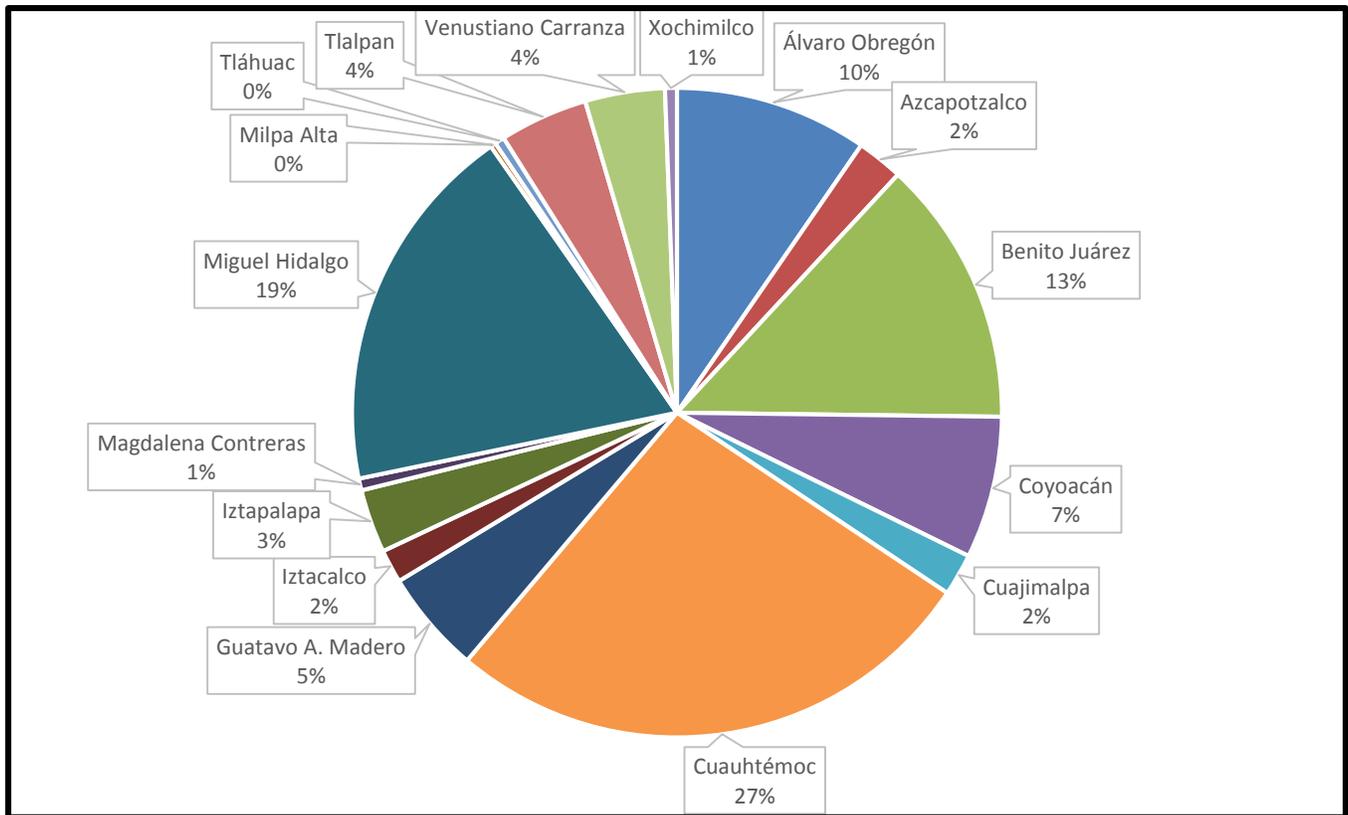


Figura 1.1 Registro de Restaurantes en la Ciudad de México [DENUE, 2014]

En las siguientes figuras 1.2 a 1.6 muestran las estadísticas de restaurantes por delegación de las distintas actividades económicas que realizan

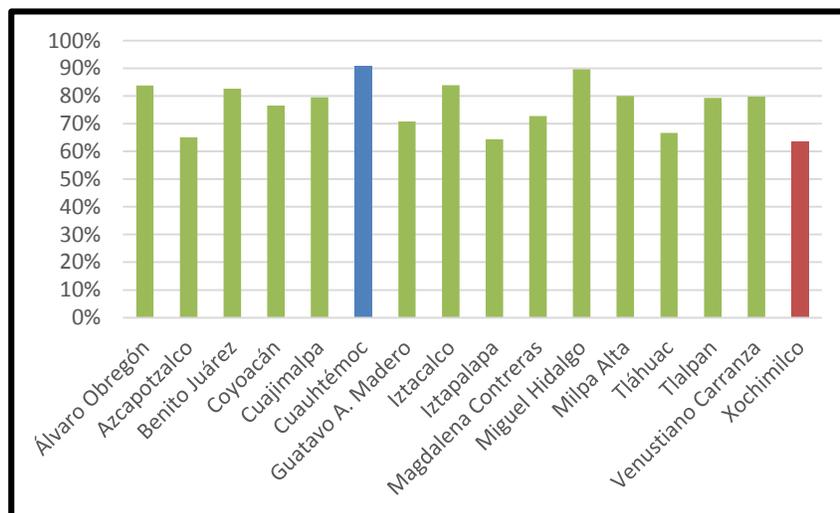


Figura 1.2 Restaurantes con servicio completo en la Ciudad de México [DENUE, 2014]

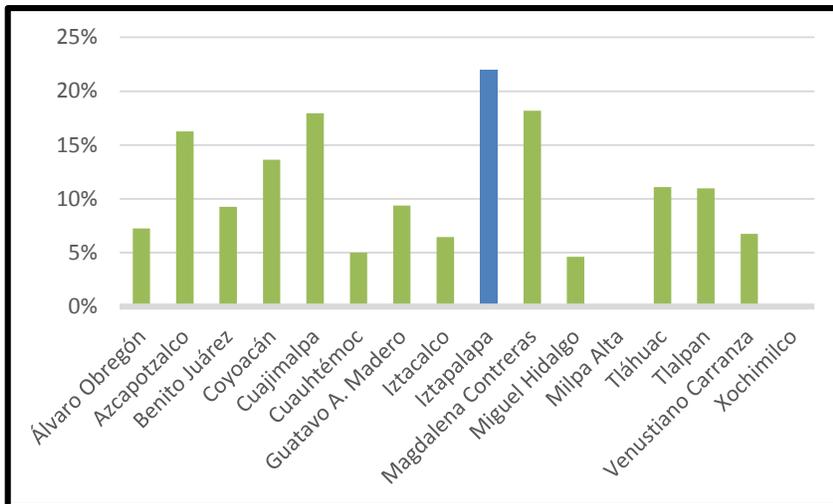


Figura 1.3 Restaurantes de autoservicio en la Ciudad de México [DENUE, 2014]

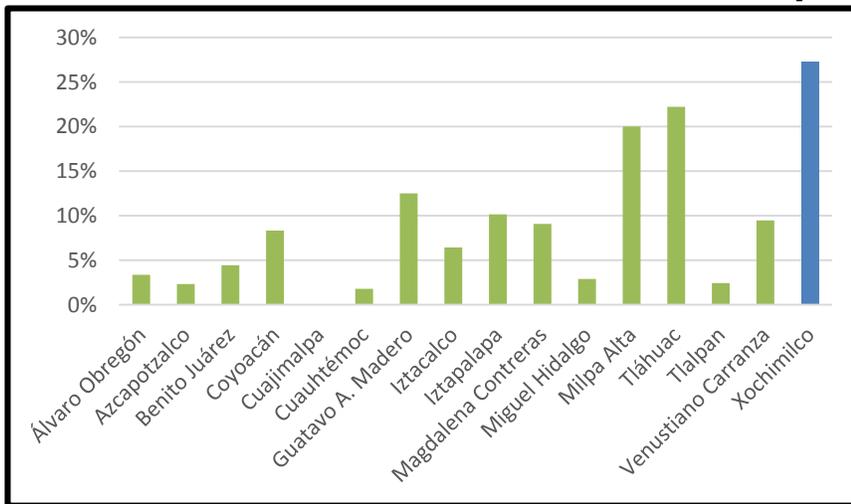


Figura 1.4 Restaurantes de comida para llevar en la Ciudad de México [DENUE, 2014]

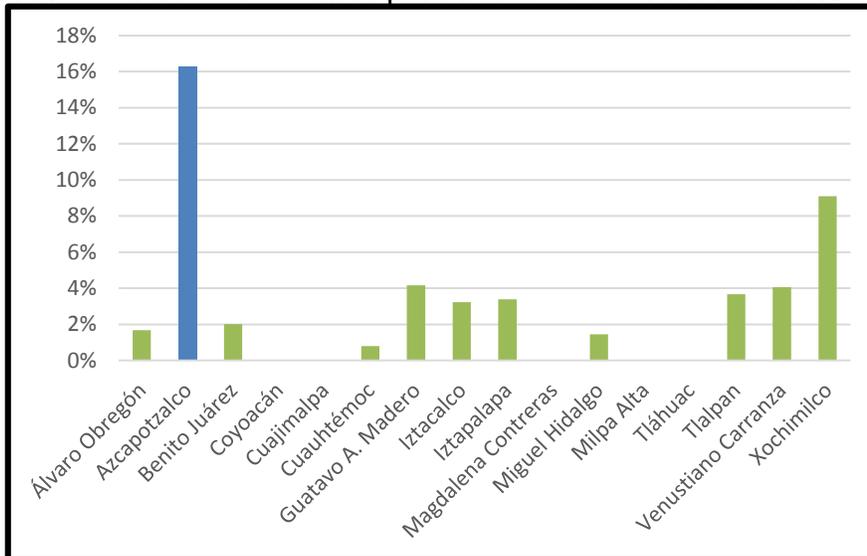


Figura 1.5 Servicios de comedor para empresas e instituciones [DENUE, 2014]

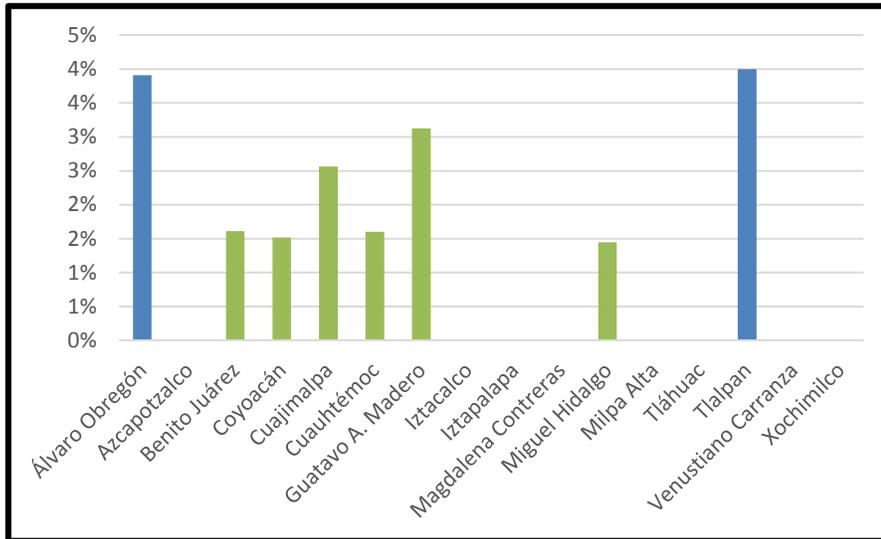


Figura 1.6 Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales [DENUE, 2014]

La problemática de cada restaurante es independiente y está en función del tipo de alimentos con los que el restaurante elabora sus platillos. Para clasificar a los restaurantes por el tipo de residuo generado se realizó la Tabla 1.5

La Tabla 1.4 resume el total de restaurantes en la Ciudad de México clasificados por su tipo de actividad.

Tabla 1.4 Restaurantes registrados en la DENUE en la Ciudad de México [DENUE, 2014]

Nombre de clase de la actividad	Total CDMX	%
Restaurantes con servicio completo	1560	84
Restaurantes de autoservicio	150	8
Restaurantes de comida para llevar	84	4
Servicios de comedor para empresas e instituciones	38	2
Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales	33	2
<b>Total DENUE 2014</b>	<b>1865</b>	<b>100</b>

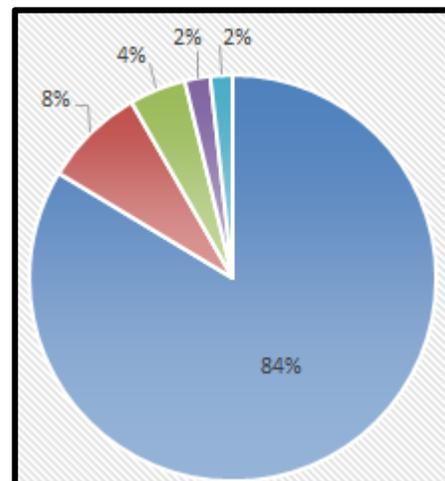


Figura 1.7 Ciudad de México [DENUE, 2014]

Para clasificar a los restaurantes por el tipo de residuo generado se muestra la tabla 1.5, ya que, durante la investigación de campo fue observada la dependencia entre el tipo de alimento que ofrece el restaurante ya gestión de los residuos del mismo.

Tabla 1.5 Clasificación de restaurantes por tipo de desecho [Arellano y Sánchez. 2016]

Tipo de residuo	Descripción
<p><b>Comida Oriental</b>  (China, Japonesa, Tailandesa)</p>	<p>El residuo se compone generalmente de arroz, verduras y mariscos en cortes muy finos. En cuanto a la comida japonesa por lo general no presentan un alto contenido de grasa, a diferencia de la Comida China, la cual, si presenta un alto contenido de grasa. La sedimentación de este tipo de residuo es más rápida dado el tamaño de partícula, mismo que representa una amenaza para las tuberías y aguas residuales, ya que, se filtra a través de las rejillas pegándose a las paredes del sistema de escape originando cochambre, el cual pocas veces es removido durante el mantenimiento.</p>
<p><b>Comida Francesa (quesos)</b></p>	<p>El residuo se compone generalmente de quesos, verduras, trozos de carne y masas. La sedimentación del residuo es paulatina, ya que, varía el tamaño de partícula, el mantenimiento debe de ser constante, ya que, las masas, panes y quesos, se adhieren fácilmente a las paredes.</p>
<p><b>Comida Italiana (pastas)</b></p>	<p>El residuo se compone generalmente del sobrante de pastas, verduras y carnes. La sedimentación de este residuo es más lenta, ya que, el tamaño de la partícula es más grande y posee un área mayor, es necesario que este residuos tenga un mantenimiento constante, ya que, por tratarse de pastas, se adhieren fácilmente a las paredes de la tubería.</p>
<p><b>Comida Mexicana</b></p>	<p>El residuo se compone generalmente de trozos de carnes (cerdo, res, pollo, etc.), verdura, fruta, legumbres etc. Se trata de un residuo muy completo, por lo general presenta un alto contenido de grasas y aceites. La sedimentación de este residuo se da de forma paulatina, ya que, se compone de distintos tamaños de partícula.</p>
<p><b>Comida Rápida (hamburguesas, pizzas, pollo frito)</b></p>	<p>El residuo se compone generalmente de trozos de carnes (cerdo, res, pollo, etc.), verdura y trozos de pan. La sedimentación de este residuo se da de forma paulatina, por el distinto tamaño de partícula que presentan.</p>
<p><b>Comida vegana (ensaladas)</b></p>	<p>El residuo se compone generalmente de frutas y verduras, por lo general no presentan un alto contenido de grasa</p>
<p><b>Carnes rojas (cortes de carne, alitas, hamburguesas)</b></p>	<p>El residuo se compone generalmente de verduras, arroz, legumbres, trozos de carne (cerdo, res, pollo, etc.) e incluso trozos de hueso, por lo general presentan un alto contenido de grasa. La sedimentación de este tipo de residuos se da de forma paulatina, ya que, el tamaño de las partículas es más grande, generalmente parte de la grasa se queda adherida en los diferentes elementos del sistema de limpieza de aguas residuales.</p>

Tabla 1.5 Clasificación de restaurantes por tipo de desecho [Arellano y Sánchez. 2016] (Continuación)

<p><b>Comida del mar (mariscos)</b></p>	<p><b>El residuo se compone generalmente de restos de pescados, espinas y moluscos. Es importante mantener limpio las paredes del sistema ya que este tipo de desecho suele tener alta concentración de residuos grasos.</b></p>
---	--

## 1.2 Trampas de grasa

Una trampa de grasa es un dispositivo de metal, plástico o concreto utilizado en la industria restaurantera, tiene como función principal, remover grasas, aceites y residuos orgánicos conocidos como “desperdicios de comida”, antes de que sean vertidos al sistema de aguas residuales, ya que, al enfriarse las grasas y aceites cambian su viscosidad. De esta manera se adhieren a las paredes internas de la tubería, lo cual restringe el flujo y puede ocasionar desbordamientos. Está ubicado de manera estratégica previo a la tubería de descarga que conecta al restaurante con el sistema de alcantarillado de la Ciudad y después del sistema de limpieza de alimentos y utensilios empleados para la preparación de alimentos. Dentro del dispositivo, las grasas y aceites se separan del agua y flotan en la superficie, lo que impide su paso hacia las aguas residuales. Las trampas de grasa deben realizar esta función a la perfección siempre y cuando hayan sido instaladas de manera correcta, estén bien construidas, y cuenten con el mantenimiento adecuado [EPD, 2005].

Para fines prácticos la trampa de grasa se ha clasificado en distintos sistemas, como se muestra en la Figura 1.8

- **Sistema de admisión:** Consta de una tubería, la cual proviene del sistema de desalojo de residuos del restaurante (fregadero, lavabos y lavaplatos).
- **Sistema de sedimentación:** Consiste en un lugar geométrico dentro de la trampa, donde los residuos de alimentos son depositados mediante una sedimentación, a lo largo de su trayectoria.
- **Sistema de separación:** El procedimiento depende del proveedor, generalmente consiste en una serie de placas o tuberías, donde los residuos (grasas, aceites y residuos de alimentos) van quedando atrapados a lo largo de la trampa para detener su paso hacia el sistema de escape.
- **Sistema de escape:** Consta de una tubería, la cual desaloja los líquidos hacia el sistema de aguas residuales.

En México, el residuo generado por la trampa de grasa recibe el mismo nombre, “trampa de grasa”. Con fines prácticos para este documento se le nombrará como “residuo de la trampa”, el cual se compone de grasas, aceites y residuos de alimentos (GAR). En Estados Unión de Norteamérica, estos residuos reciben el nombre de FOG (por sus siglas en inglés *Fats, Oils and Grease*).

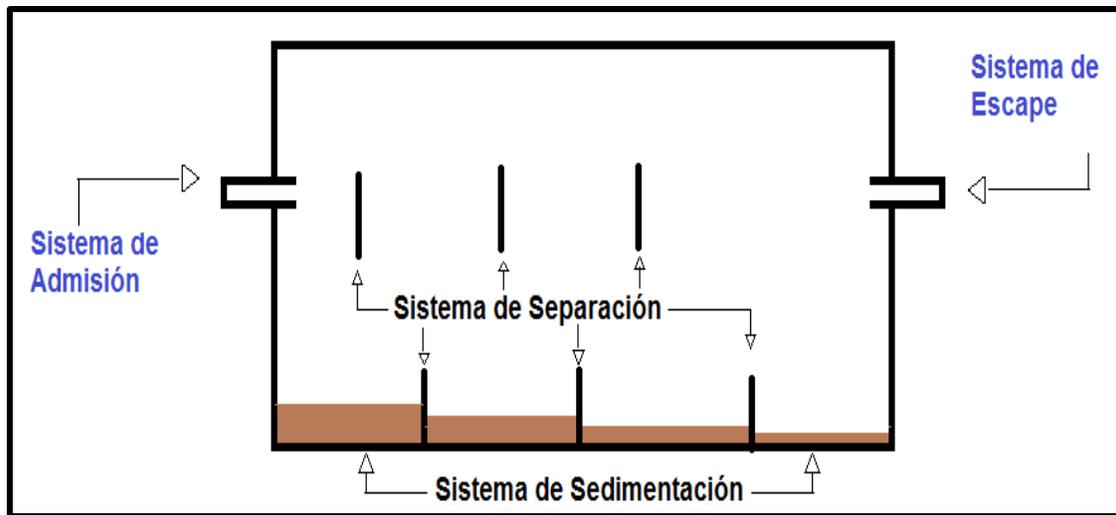


Figura 1.8 Sistemas que componen una trampa de grasa [Arellano y Sánchez. 2017]

Los GAR, incluyen los siguientes desechos:

- Grasa animales (tocino, salchichas, chorizos, carne de res, cerdo, pollo y cordero)
- Manteca de cerdo, mantequilla, margarina y aceite de freír
- Restos de comida
- Productos de panadería, repostería y pastelería
- Aderezos para ensaladas y mayonesa
- Productos lácteos (leche, helado, yogurt, cremas y quesos)

En la mayoría de la ocasiones estos residuos de la trampa de grasa son almacenados en bidones y abandonados (Figura 1.9) después del mantenimiento en lugares como: cuartos fríos, estructuras ocultas de los edificios, área de proveedores, almacenes de basura, áreas de estacionamiento.



Figura 1.9 Residuos abandonados de una trampa de grasa [Arellano y Sánchez. 2017]

### 1.3 Tipos de trampas de grasa

Las trampas de grasa presentan diferentes configuraciones, dependiendo del uso y la capacidad de este dispositivo, a continuación se presenta los diferentes tipos de trampas que hay actualmente en el mercado.

#### 1.3.1 Interceptor de grasa hidromecánico (IGH, que por sus siglas en inglés es HGI, *hydromechanical grease interceptor*)

Este dispositivo es conocido en México como trampa de grasa. Se trata de unidades fabricadas en acero, ubicadas predominantemente en interiores en un lugar centralizado en las proximidades de los accesorios servidos o en el punto de uso del punto de descarga. Son de tamaño relativamente compacto y utilizan la acción de flujo hidráulico, el desbloqueo interno, el arrastre de aire y una diferencia en gravedad específica entre el agua y GAR (grasas, aceites y residuos de alimentos) para la separación y retención del flujo de residuos de fijación [ASPE, 2013].

Principalmente existen dos tipos de ubicaciones de estos tipos de trampas de grasa (IGH), las cuales son comunes en la industria restaurantera.

#### a) Ubicación relativa

Pueden ubicarse sobre el nivel del terreno, usualmente sobre el piso terminado (Figura 1.10)



Figura 1.10 Trampa con ubicación relativa [DURMAN, 2012]

Esta opción es muy frecuente cuando se trata de instalaciones de obras existentes y que no contaban con el dispositivo, o bien que el existente no es suficiente para el caudal que se deberá desgrasar. La facilidad de acceso y mantenimiento suele ser una ventaja integrada a esta alternativa [DURMAN, 2012].

En este tipo de instalación debe de dejarse espacio considerable para que el personal pueda maniobrar una buena limpieza periódica. [Arellano y Sánchez. 2016]

#### b. Ubicación bajo tierra

Pueden instalarse bajo tierra, como se muestra en la Figura 1.11, sobre todo cuando se trata de construcciones nuevas o remodelaciones mayores, en las que el costo de excavar y tapar sea justificado. Esto usualmente lo definen entre el ingeniero mecánico, el arquitecto y el propietario, no habiendo ninguna diferencia operativa, desde el punto de vista de remoción de grasa, si se sigue o no esta alternativa [ASPE, 2013].

En ciertas aplicaciones y localidades, esta decisión puede requerir aval de parte de instituciones o municipalidades, tema que es del dominio del ingeniero mecánico, y es este quien habrá de dar los lineamientos al respecto [DURMAN, 2012].

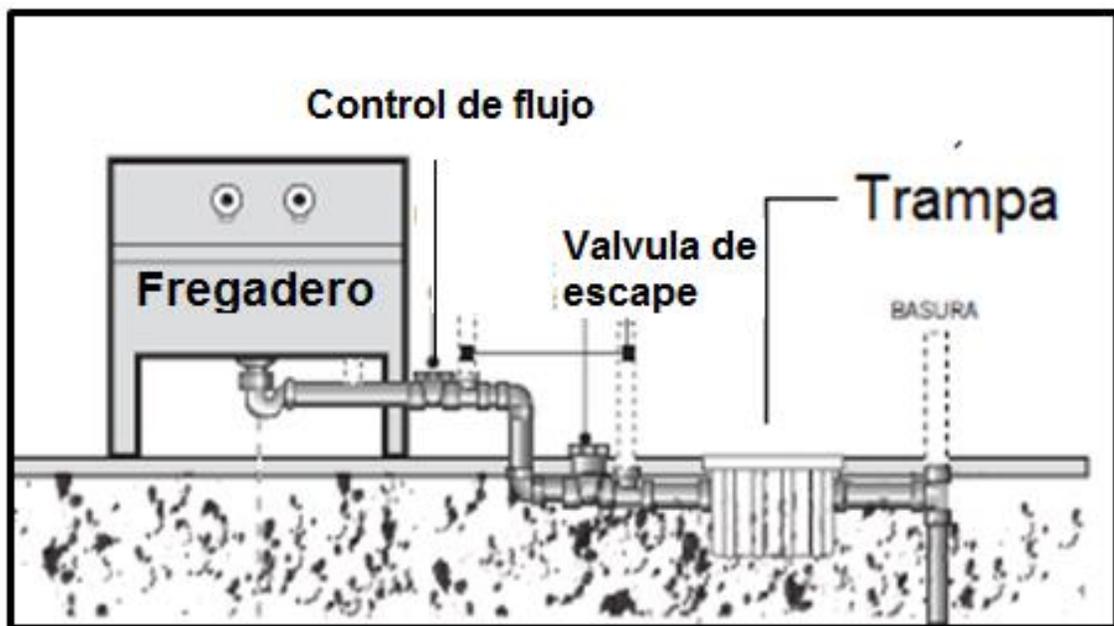


Figura 1.11 Trampa con ubicación bajo tierra [DURMAN, 2012].

#### 1.3.2 Interceptor de grasa por gravedad (IGG que por sus siglas en inglés es GGI, *gravity grease interceptor*)

Se trata de unidades construidas en hormigón, prefabricadas o formadas en el terreno que típicamente se encuentran en el exterior debido a su gran tamaño (Figura 1.12). Los IGG reciben desechos de descarga los GAR (grasas, aceites y residuos de alimentos) de todos

los accesorios necesarios dentro de una instalación dada. Estas unidades utilizan esencialmente el flujo por gravedad y el tiempo de retención como medio primario para separar los GAR de la corriente de desechos de la instalación antes de que entre en el sistema de drenaje municipal. El estándar para el diseño y construcción de interceptores de grasa por gravedad es IAPMO / ANSI Z1001: Interceptores de grasa de gravedad prefabricados [ASPE, 2013].



Figura 1.12 Interceptor de grasa por gravedad [Oldcastle, 2016]

**1.3.3 Dispositivo de eliminación de grasa (DEG, que por sus siglas en inglés es GRD, *grease removal device*):** Cualquier interceptor hidráulico mecánico de grasa que elimine mecánicamente y automáticamente las grasas, aceites y residuos de alimentos (GAR) del interceptor, cuyo control es automático o manual, son denominados Dispositivos de eliminación de grasa como se muestra en la Figura 1.13 [PDI, 2010].

Los DEG son un tipo de interceptor de grasa hidromecánico (HGI) que trata aguas residuales de la cocina del Establecimiento de Servicio de Alimentos y están equipados con características automáticas de eliminación de grasa. Por lo general, se instalan en interiores y conectados de uno a cuatro fregaderos en la cocina. Se acumulan grasas, aceites y residuos de alimentos (GAR) en un tanque separador relativamente pequeño. Los GAR acumulados se eliminan automáticamente del DEG y se transfieren a un contenedor separado de GAR reduciendo la necesidad de limpieza.



Figura 1.13 Dispositivo de eliminación de grasa [BIG DIPPER, 2014]

#### 1.4 Normatividad

Actualmente México no cuenta con una norma específica para las trampas de grasa, la cual debe de considerar los siguientes parámetros:

- Adquisición de una trampa de grasa con base en el tipo de residuo
- Especificaciones técnicas sobre la trampa de grasa
- Ubicación correcta de una trampa de grasa
- Mantenimiento adecuado de una trampa de grasa
- La correcta gestión de los residuos de una trampa de grasa
- Certificación sanitaria
- Correcta inspección sanitaria

Durante más de 100 años, los interceptores de grasa se han utilizado en sistemas de drenaje de plomería para evitar que las acumulaciones de grasa obstruyan las tuberías sanitarias de interconexión y las líneas de alcantarillado.

Sin embargo, no fue hasta 1949 que se desarrolló un estándar comprensivo para las pruebas básicas y requisitos de clasificación para los interceptores hidromecánicos de grasa. Esta norma se conoce como PDI G101. Se ha reconocido ampliamente y se hace referencia en la mayoría de los códigos de plomería, reproducidos en ASME A112.14.3: Interceptores de grasa, mencionados en la literatura del fabricante, e incluidos en los requisitos básicos de pruebas y clasificación de la Especificación Militar MIL-T-18361. Un ingeniero especialista o comprador de un interceptor hidromecánico de grasa puede estar seguro de que el interceptor funcionará según lo previsto cuando se ha probado, clasificado y certificado de acuerdo con PDI G101, ASME A112.14.3 y ASME A112.14.4: Dispositivos de eliminación de grasa [ASPE, 2013].

El Instituto de Plomería y Drenaje (IPD, que por sus siglas en inglés es PDI, *Plumbing & Drainage Institute*) ha realizado una norma para las trampas de grasa. El objetivo del Instituto es promover el avance de los productos de fontanería de ingeniería a través de la investigación y la estandarización de los requisitos del producto; preparar, editar y publicar normas relativas a productos de fontanería; y proporcionar procedimientos certificados de prueba, clasificación e instalación para interceptores de grasa y descargadores de martillo.

El IPD ayuda con el desarrollo de Normas Nacionales a través del Comité ASME de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Esta asistencia la proporcionan los miembros del Comité de Ingeniería de PDI y otros afiliados de PDI.

La norma PDI-G101 ha sido ampliamente reconocida ya que hace referencia a la mayoría de los códigos de plomería es por ello que los interceptores de grasa se consideran productos aceptables cuando cumplen con los requisitos de esta norma.

Los interceptores hidromecánicos de grasa son de tamaño compacto esto debido a que la separación de grasa se produce rápidamente (aproximadamente en un minuto) debido a [PD1, 2010], [ASPE, 2013]:

- La acción de flujo hidráulico
- El arrastre de aire
- La diferencia de gravedad específica entre el agua y GAR (grasas, aceites y residuos de alimentos).
- Tipo y estado de GAR en el flujo de residuos.
- Características de la corriente.
- Tamaño y diseño del interceptor.

Si la gravedad específica de la grasa es cercana a la del agua, los glóbulos (tensión superficial entre las moléculas de agua y aceite) se elevarán lentamente. Si la diferencia de densidad entre la grasa y el agua es mayor, la velocidad de separación será más rápida.

Dado que la velocidad de aumento de los glóbulos de grasa es inversamente proporcional a la viscosidad del agua residual, la velocidad de separación será más rápida cuando el fluido portador es menos viscoso y viceversa. Los glóbulos de grasa aumentan más lentamente a temperaturas más bajas y más rápidamente a temperaturas más altas. La grasa, especialmente cuando está caliente o caliente, tiene menos resistencia, es más ligera que el agua, y no se mezcla bien con el agua [ASPE, 2013].

La velocidad vertical de un glóbulo graso en el agua depende de la densidad y el diámetro del glóbulo, la densidad y viscosidad del agua y la temperatura del agua y el material GAR. Específicamente, la velocidad vertical del glóbulo de la grasa depende altamente del diámetro del glóbulo, con los glóbulos pequeños que se levantan mucho más lentamente que los más grandes. Así, los glóbulos más grandes tienen una velocidad de separación más rápida.

Dado que las partículas de grasa que necesitan ser eliminadas en los sistemas de drenaje sanitario tienen velocidades lentas de flotación, la irregularidad de las partículas es de poca importancia. La flotación es lo opuesto a la sedimentación en la medida en que se conocen las densidades y tamaños de partícula.

Para estar certificado, un interceptor hidromecánico de grasa debe cumplir los siguientes criterios [PDI ,2010]:

#### **1. 4.1 Construcción de equipos de prueba.**

##### a) Fregadero de prueba.

El fregadero usado en las pruebas para tamaños de 4 GPM / 50 GPM tendrá las siguientes dimensiones internas: 2.42m de longitud, 0.60m de ancho y 0.32m de profundidad y se dividirá en dos compartimientos de igual longitud.

##### b) Conexiones de residuos de fregadero

Cada compartimiento del fregadero para el tamaño de 4 GPM / 50 GPM debe estar equipado con una conexión de desagüe estándar de un y medio (1½) pulgada (38 mm).

##### c) Depósito

El tanque de desnatado debe ser de forma rectangular, abierto en la parte superior y equipado con un deflector estacionario situado a aproximadamente 1.21 metros del extremo del tanque que recibe la descarga del interceptor. Este deflector debe extender el ancho del tanque y dentro de cuatro (4) pulgadas (100 mm) del fondo del tanque. El propósito de este deflector es limitar la propagación pesada de grasa a un extremo del tanque y controlar en un grado las corrientes turbulentas de agua creadas por el flujo desde el interceptor.

Las dimensiones del tanque serán de aproximadamente 3.65m de longitud, 0.91m de ancho y 0.71m de profundidad mínima.

#### **1.4.2 Instalación del equipo de ensayo**

##### a) Ubicación del fregadero

El fregadero se ubicará en un piso superior con el borde del fregadero 0.91m por encima de ese nivel del piso.

b) Ubicación del interceptor

El interceptor de grasa debe estar ubicado de modo que su fondo este 3.04 m debajo del nivel del piso sobre el que se ubica el fregadero. El interceptor estará equipado con una tapa y hermética.

c) Ubicación del tanque de desnatado

El tanque de desnatado debe estar ubicado lo suficientemente bajo, con respecto al interceptor, para que la tubería de descarga de la trampa despeje el borde del tanque por menos de 76 mm.

### 1.4.3 Instalación de tuberías de residuos

a) Conexiones del fregadero

La conexión de desagüe de la salida del fregadero de cada compartimiento del fregadero debe tener un tamaño y (1½) pulgadas (38mm) para tamaños de interceptor de 4 GPM a 50 GPM.

b) Tubería de desagüe horizontal combinada

La tubería de desagüe horizontal combinada en la que se conectarán los sumideros debe tener dos (2) pulgadas (50mm) de tamaño, instalado con la línea central 11 pulgadas (0.27 m) por debajo del fregadero.

c) Dispositivo de control de flujo ventilado

El dispositivo de control de flujo debe tener un tamaño adecuado para el interceptor ensayado y estar equipado con un orificio de tamaño idóneo y / u otros detalles para proporcionar el caudal de flujo propuesto del IGH. El respiradero del control de flujo se colocara por encima del borde de inundación del fregadero.

d) Tubo elevador de residuos vertical

El tubo elevador de residuos vertical se conectará a la salida del dispositivo de control de flujo y se extenderá hacia abajo para conectarse a la entrada del interceptor por medio de un codo y una boquilla horizontal corta. El tamaño de la tubería ascendente y el codo serán de dos (2) pulgadas para probar 4 GPM a 50 GPM.

e) Conexión de descarga del interceptor.

La tubería de descarga de la salida del interceptor al tanque de desnatado será igual a la conexión de salida del interceptor con un paso mínimo de 1/8 pulgada por pie (1 cm

por m) y estará provista de dos (2) pulgadas (50 mm) de ventilación correctamente ubicado para evitar el sifonado del interceptor.

f) Conexiones de la entrada del interceptor

Si el diámetro de entrada del interceptor a ensayar excede el tamaño del diámetro del tubo ascendente, utilice acoplamientos reductores para permitir las conexiones de las tuberías de entrada y de descarga.

A continuación se especifica en la figura 1.14, la Instalación de equipos de prueba (Figura 2.5) para trampas de grasa según la norma PDI-G101.

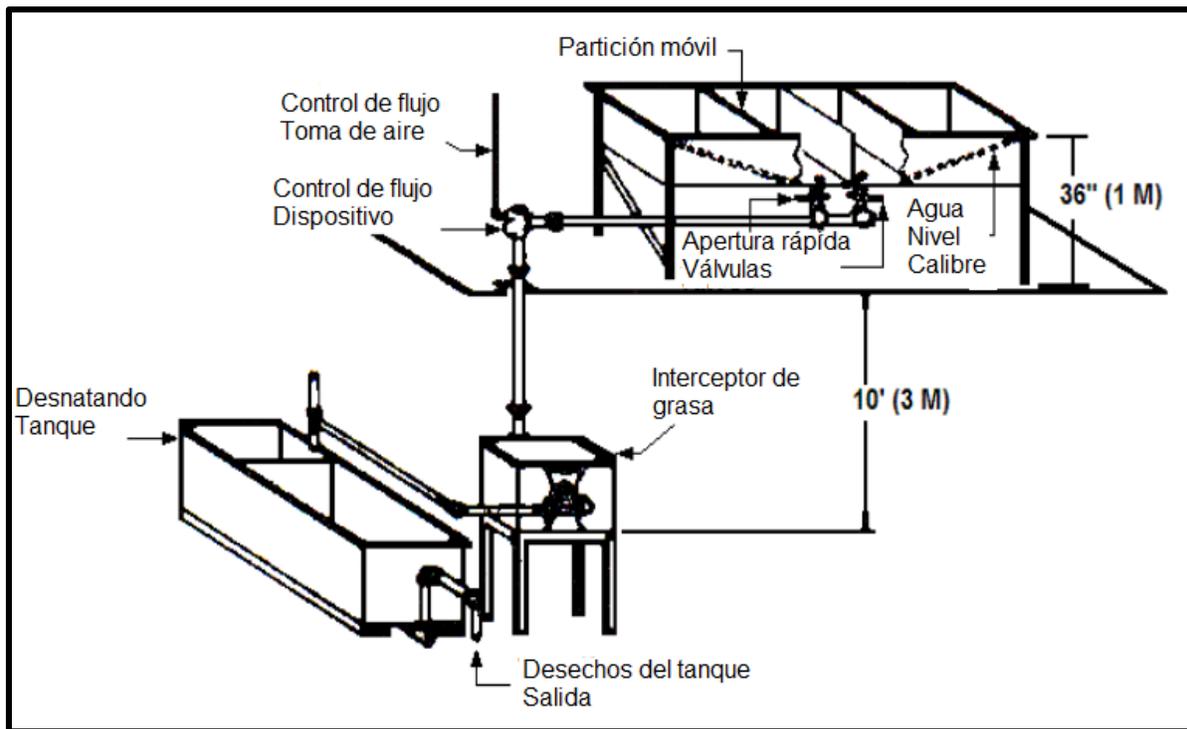


Figura 1.14 Instalación de equipos de prueba [PDI, 2010]

#### 1.4.4 Procedimientos de pruebas preliminares

a) Análisis de medios.

Antes de realizar las pruebas de certificación en cualquier interceptor, se debe hacer un análisis simple de los medios de prueba para determinar las siguientes características:

- Concentración de iones hidrógeno-agua (valor de pH de 6.0 a 8.0).
- Gravedad específica de la manteca de cerdo, a ciento 150 grados Fahrenheit (65.5 ° C) de  $0.875 \pm 0.005$ .

b) Establecimiento del volumen de la descarga incremental

La descarga incremental en galones por compartimiento será igual al caudal de galones por minuto propuesto (GPM) del interceptor que se está probando.

c) Cálculo del caudal

El caudal del fregadero se calculará midiendo la velocidad de drenaje de los primeros 0.9 m pulgadas a 0.24 m de agua del compartimiento del fregadero.

Si el caudal medio del fregadero determinado es menor que el caudal propuesto del interceptor, se ampliará el orificio de control de flujo y se volverán a realizar las pruebas de comprobación.

### 1.4.5 Procedimiento de ensayo de certificación

a) Medios de prueba

Los ensayos de certificación se llevarán a cabo con una manteca de vapor fresca con agua, con un rango de temperatura de entre ciento cincuenta (150) a ciento sesenta (160) grados Fahrenheit (65.5 ° a 71 ° C).

b) Relación entre la manteca y el agua

La manteca de prueba será introducida en un compartimiento, durante cada descarga incremental, en la proporción de 0.45 kg de manteca de cerdo por cada 19 litros de agua en ese compartimiento. Por consiguiente, la proporción de manteca de cerdo a la cantidad total de agua descargada de ambos compartimientos de fregadero durante cada incremento será de 0.45 kg por cada 39 litros. La cantidad requerida de manteca de prueba, dentro del rango de temperatura anterior, deberá pesarse y verterse en el compartimiento de prueba del fregadero.

c) Caudal

El periodo de drenaje para cada incremento debe ser calibrado y cronometrado sobre la base del flujo desde el compartimiento que contiene el agua clara. El caudal del fregadero también debe ser calculado y registrado para cada incremento.

d) Período de retención

El periodo de retención (P) es el tiempo teórico en que el agua se mantiene en el interceptor de grasa. El volumen del tanque para el período de retención requerido se puede calcular de la siguiente manera:

$$V = \frac{QP}{7.48} \quad (1 - 1)$$

Donde:

Q= Caudal

P= Período de retención

7.48= cte

Los períodos de retención deben basarse en los flujos máximos [ASPE, 2013].

e) Tamaño de glóbulo grasa/aceite

En términos de tamaño de glóbulos grasos de aceites, un interceptor será efectivo sobre un intervalo de diámetro de glóbulos que tiene un límite inferior de 0.015 cm (150 micras) [ASPE, 2013].

f) Tiempo de retención

La separación se logra deteniendo la corriente de flujo durante un tiempo suficiente para permitir que las partículas se separen. Separación o retención, el tiempo (T) es el tiempo teórico en que el agua se mantiene en el interceptor. Un interceptor debe estar diseñado de tal manera que incluso si el glóbulo graso / aceite entra en la cámara en la peor ubicación posible (en la parte inferior), habrá suficiente tiempo para que el glóbulo aumente la distancia necesaria para la captura (Figura 1.5).

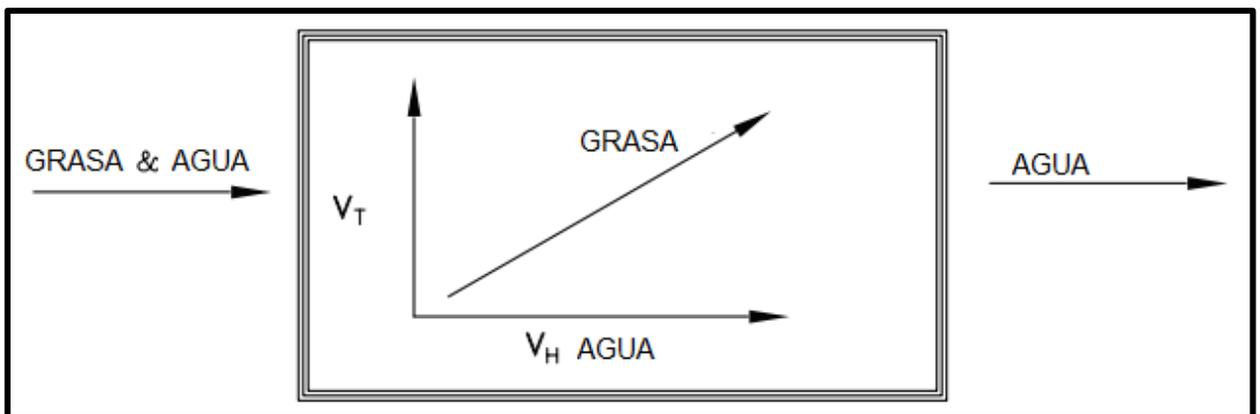


Figura 1.15 Diagrama de trayectoria [ASPE, 2017]

Si la tasa de aumento del glóbulo graso / aceite ( $V_t$ ) excede el tiempo de retención requerido para la separación, la cuenca experimentará pasada o cortocircuito. El tiempo de retención puede expresarse como:

$$V = QT \quad (1 - 2)$$

Donde:

V= Volumen del interceptor

Q= Caudal

T= Tiempo de retención

g) Tasa de aumento de los glóbulos de aceite en aguas residuales.

Se dice que las partículas que se elevan a la superficie de un líquido poseen velocidades de elevación, mientras que las partículas que se asientan en el fondo presentan velocidades de sedimentación.

Con un valor de 0.015 centímetros para el diámetro (D) del glóbulo, la tasa de aumento de los glóbulos de aceite en aguas residuales puede expresarse en pies por minuto como:

$$Vt = \frac{0.0241(Sw - So)}{u} \quad (1 - 3)$$

Donde:

Vt = Velocidad de subida del glóbulo oleoso (0.015 centímetros de diámetro) en aguas residuales, pies por minuto

Sw = Peso específico de las aguas residuales a la temperatura de diseño del caudal

So = Gravedad específica del aceite en aguas residuales a la temperatura de diseño del flujo

u = Viscosidad absoluta de las aguas residuales a temperatura de diseño, poises

h) Determinación de la eficiencia

La eficiencia del interceptor se calculará a intervalos de cinco incrementos o menos hasta que el rendimiento promedio alcance aproximadamente noventa 93% y / o el rendimiento incremental llegue a aproximadamente 85% por ciento. Una vez alcanzado este punto, se realizarán controles de eficiencia después de cada descarga incremental. La fórmula para determinar la eficacia antes mencionada será la siguiente:

$$Eficiencia = \frac{grasa\ añadida - grasa\ desnatada}{grasa\ añadida} \quad (1 - 4)$$

#### 1.4.6 Capacidades de certificación

El caudal de certificación estándar y las capacidades de retención de grasa de los interceptores de grasa ensayados de acuerdo con el procedimiento anterior deberán cumplir con los requisitos que se muestran en la Tabla 1.6

Tabla 1.6 Capacidades de certificación [PDI, 2010]

Símbolo de tamaño PDI	4	7	10	15	20	25	35	50	75	100
Caudal (GPM)	4	7	10	15	20	25	35	50	75	100
Gasto (L/min)	15	26	38	57	77	95	132	191	230	378
Capacidad de grasa (kg)	8	14	20	30	40	50	70	100	150	200
Capacidad de retención de materia (kg)	3.6	6.4	9.1	13.8	18.2	22.7	31.8	45.4	68	90.8

# Capítulo 2 Fundamentos

## 2.1 Funcionamiento

La mayoría de los interceptores de grasa actualmente disponibles funcionan según el principio de separación por flotación sola (IGG) o fuerzas mecánicas de fluido junto con flotación (IGH).

El rendimiento del sistema depende de la diferencia entre la gravedad del agua y la de la grasa. Si la gravedad específica de la grasa es cercana a la del agua, los glóbulos subirán lentamente. Si la diferencia de densidad entre la grasa y el agua es mayor, la velocidad de separación será más rápida.

Dado que la velocidad de subida de los glóbulos de grasa es inversamente proporcional a la viscosidad del agua residual, la velocidad de separación será más rápida cuando el fluido portador es menos viscoso y viceversa. Los glóbulos de grasa aumentan lentamente a temperaturas más bajas y rápidamente a temperaturas altas. La grasa, especialmente cuando está caliente, tiene menos resistencias (es más ligera que el agua) y no se mezcla bien con el agua [ASPE, 2013].

Una trampa de grasa convencional funciona de la siguiente manera:

1. Los GAR provenientes del sistema de desalojo de residuos del restaurante (fregadero, lavabos y lavaplatos), entran en el dispositivo.
2. Posteriormente los GAR entran en contacto con el sistema de sedimentación en donde la mayoría de los residuos tienden a quedarse, mientras que el flujo continúa y hace que el agua, aceites y residuos en menor cantidad sigan circulando por el sistema.
3. Dependiendo de la composición de la trampa, los residuos sobrantes se van quedando atrapados en subsistemas de sedimentación mediante un sistema de separación, el cual también logra separar una parte de las grasas y aceites contenidas en el agua.
4. Existen trampas que al final del proceso contienen otro sistema de sedimentación con la finalidad de lograr separar el agua y que esta sea vertida hacia el sistema de desagüe.

Cabe destacar que la mayoría de la sedimentación de los residuos orgánicos de los GAR, se da cuando el restaurante presenta una menor demanda, lo cual se ve reflejado en el flujo de ingreso a la trampa, ya que, la turbulencia al ingreso es menor.

## 2.2 Criterio de diseño

El problema fundamental del diseñador reside en construir un equipo que responda lo más enteramente a las necesidades de la economía nacional, que dé el mayor efecto económico y que disponga de los índices más altos técnico, económicos y de explotación [Orlov. P, 1985].

Los índices que el autor menciona son:

- Alta productividad
- Rendimiento económico
- Resistencia mecánica
- Fiabilidad
- Peso mínimo
- Volumen metálico
- Dimensiones exteriores
- Capacidad energética
- Volumen y precios de los costos de mantenimiento
- Grado de automatización
- Sencillez y seguridad del servicio
- Comodidad de manejo

En la construcción de las máquinas es necesario observar las exigencias de la estética industrial. El aspecto exterior de la máquina debe ser agradable, el acabado clásico y fino [Orlov.P, 1985].

Con el fin de lograr un diseño de trampa con la menor complejidad posible se adoptará un enfoque apodíctico del diseño. El Enfoque Apodíctico de diseño se origina con los trabajos de maestría y la investigación doctoral del Dr. Guillermo Aguirre. Este método se enfoca en perfeccionar con su aplicación al diseño de enseres domésticos y otros productos y finalmente se consolida con su divulgación en cursos universitarios impartidos a nivel maestría en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Desde la perspectiva del enfoque apodíctico la principal aportación de un diseñador mecánico es el definir el número, disposición, material, forma, apariencia, topología, geometría, dimensiones y tolerancias de las partes que integran una máquina o sistema.

De la economía, practicidad y aceptación que exhiba el producto para ejecutar sus funciones y cumplir con el propósito para el que fue creado depende lo que podríamos definir como: la calidad de su diseño.

### **2.2.1 Principales Elementos**

El enfoque Apodíctico está integrado por los siguientes elementos principales:

1. Principios o Ideales de Diseño: Se identifican tres principios o ideales que conducen a obtener una mayor calidad de diseño: Claridad, simplicidad y unidad.
  - Claridad: Indica que se deben asignar interfaces dedicadas a cada zona de interacción relevante o estable de la solución de diseño y el sistema con su medio y las de las partes del sistema entre sí.
  - Simplicidad: Se refiere a eliminar, antes de que la competencia te obligue a hacerlo, todo lo superfluo, aquello que no resulte indispensable para el propósito para el que fue creada la solución analizada.

- Unidad: Prescribe el mantener las proporciones entre los elementos que integran las soluciones de diseño en un producto o sistema. El principio alude a la sensibilidad de todo sistema a fallar en su eslabón más débil, no importando cuan fuertes los demás pudieran ser.
2. Acoplamientos y desacoplamientos: Se trata de un fenómeno propio de la etapa de diseño que acondiciona el costo y la capacidad de desempeño de un producto.
  3. Contenido de información: Es una métrica para la determinar la complejidad generada con el diseño o desarrollo de un producto.
  4. Transformación físico/funcional (funciones unitarias): Es un procedimiento para modelar y analizar funcionalmente los componentes de un sub-ensamble o mecanismo.
  5. Paradoja del Control: Modelo que indica que cuando el reto de un proyecto de diseño es considerable, la convergencia hacia el resultado deseado depende de criterios no ligados a las metas de proyecto, tales como los ideales o principios de diseño.
  6. Añadir valor: Capacidad para llamar la atención de los usuarios o consumidores hacia atributos específicos de un producto.
  7. Añadir sorpresa: Capacidad para descifrar los requerimientos y expectativas no articulados o contra-intuitivos del usuario o consumidor y expresarlos de manera que quede agradablemente sorprendido.
  8. Añadir carácter: Capacidad para integrar el producto en un todo que exprese sin duda su función y propósito, además de sepáralo claramente de su competencia.
  9. La fórmula: Todo producto se considera integrado por una fórmula o “receta” que lo describe en términos de las soluciones que la integran y que reside tácitamente en él.
  10. Evolución o mejora de una fórmula - La receta o fórmula de un producto se mejora al subsanar sus faltantes y eliminar sus errores.
  11. Proceso de la doble hélice®: El proceso de aplicación del enfoque apodíctico, en el cual se expresan los aspectos de diseño relacionados con el producto mismo y los relacionados con el usuario.

En el modelo de la doble hélice®, se incorporan los principios o ideales de diseño en su función de filtros o criterios de convergencia del proceso, tal como se muestra en la figura 2.1.

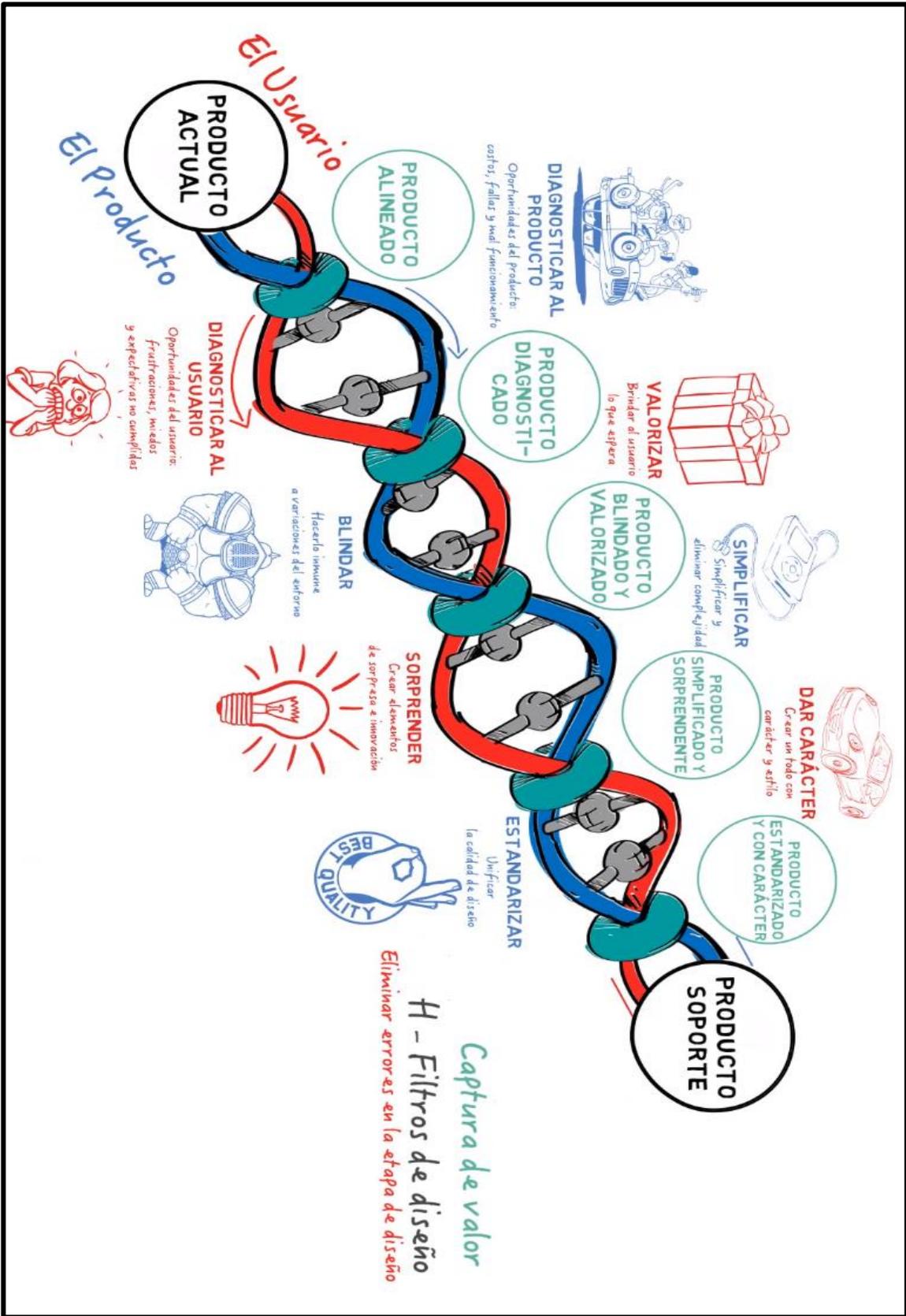


Figura 2.1 Modelo de doble hélice en el diseño apodáctico [GA, 2015]

### 2.2.2 Fases de Desarrollo de un producto

Se distinguen al menos cinco fases complementarias en el desarrollo de un producto:

- 1) **Preparación:** Es la etapa en la que el emprendedor aprende a dominar su campo. Según Malcom Gladwell un requisito indispensable para hacer un impacto significativo en cualquier campo, es el haber dedicado al menos 10,000 horas de práctica en él
- 2) **Gestación:** Es la fase inventiva por excelencia en la que se reúnen e incorporan los elementos de la receta o fórmula embrionaria del producto.
- 3) **Diseño:** En la que se consideran una gama más amplia de requisitos para el producto a diseñar y se es capaz de crear un primer producto comercializable.
- 4) **Refinación:** Que lleva a la lenta maduración de un producto en su fórmula comercial en un proceso de prueba y error, hasta llegar a una fórmula madura.
- 5) **Consolidación:** De una receta o fórmula comercial madura, para hacer posible su reproducción y aceptación en el mercado en un alto volumen sin correr el peligro de crear rechazos o fallas de campo que lo impidan

### 2.23 El Proceso de Consolidación

Para desarrollar un rediseño sobre el Modelo AE-93 de trampa de grasa de Helvex se han dividido cinco categorías, cada una orientada a lograr soluciones o características distintas y complementarias en la nueva trampa de grasa. Aquí se incluye una definición más formal de cada una de ellas:

- a) **Alinear:** Son acciones dirigidas a crear un objetivo común para un proyecto, que se concretan en un párrafo corto e impactante que apela a los más altos sentimientos de los participantes. En el Enfoque Apodíctico se denomina a este elemento el Mantra del Proyecto.
- b) **Diagnosticar:** En este caso están todas las acciones dirigidas a identificar las oportunidades de mejora del producto en la forma de fallas, re-trabajos, altos costos, deficiencias en su desempeño, peso, complejidad, etc.
- c) **Simplificar:** Se simplifica un producto eliminando el mayor número de partes posibles y eliminando la complejidad de cada parte individual.
- d) **Blindar:** La acción de blindar un producto consiste en hacerlo inmune a las variaciones o condiciones de su entorno, no solo operativo, sino también el de su manufactura, operación, mantenimiento y reparación.

El término blindar transmite adecuadamente la imagen de resistencia, invulnerabilidad que se desea darle al producto. Sin embargo, es importante resaltar que en el enfoque apodíctico, esto se logra eliminando las zonas vulnerables y las causas raíz de dicha vulnerabilidad y no aumentando placas o armaduras de blindaje al producto, como parece indicarlo la palabra. No

se utiliza el término inmunizar porque infiere una acción biológica, que no está directamente relacionada a los propósitos del diseño mecánico. El blindaje de un producto se logra desarrollando soluciones de diseño que cancelan o resuelven de raíz la dependencia o afectación de las condiciones del entorno sobre el mismo.

- e) **Estandarizar:** Para estandarizar se replican y reutilizan las soluciones y partes maduras ya incorporadas en la fórmula o receta del producto. Implica también el balancear la resistencia y la aportación que hace cada parte al funcionamiento total del producto. [GA, 2015]

Los objetivos principales del diseño apodíctico son:

- Analizar la arquitectura de un producto, en este caso se trata de una trampa de grasa, de acuerdo a los distintos parámetros observados en el producto a través de un benchmarking.
- Analizar los niveles de complejidad del producto
- Reducir su complejidad a partir de un diagrama de interfaces y operaciones unitarias.
- Caracterizar el producto ergonómicamente para una persona discapacitada.
- Analizar las aristas, vértices y superficies de las distintas partes y optimizar una pieza para reducir su complejidad.

El enfoque propuesto, no está orientado a la invención de nuevos productos, sin embargo, ofrece elementos para avanzar en esta dirección al proponer la existencia de elementos de calidad de diseño inherente [AI, 2011].

Es de vital importancia identificar la arquitectura del producto, la cual se compone de las siguientes características:

- Interfaces: Partes que interactúan con el usuario.
- Superficie de trabajo: Parte del producto que tiene mayor desgaste debido al trabajo mecánico que realiza, es la parte fundamental del producto.
- Medios: Partes de unión del producto.
- Apéndice: Parte del producto que se caracteriza por ser una zona de fragilidad.
- Mounstros del diseño: Son aquellos que generan complejidad fuera de control. [AI, 2011].

En la Figura 2.2 se presenta un mapa sobre el procedimiento para el diseño apodíctico.

La metodología del enfoque apodíctico del diseño

1. Entender claramente cuál es el problema a resolver.
2. Identificar las frustraciones, miedos y expectativas del usuario y consumidor.

3. Analizar la posición de desarrollo del producto:
  - ¿Es una solución para un sistema más complejo?
  - ¿Es un nuevo producto en vías de encontrar su sitio en el mercado?
  - ¿Es un producto ya establecido, pero que aún no alcanza su madurez?
  - ¿Es un producto maduro que en algunos aspectos ya ha rebasado las expectativas del consumidor?
4. Arrancar con la solución actual.
5. Buscar e incorporar soluciones existentes para cumplir con las frustraciones, miedos y expectativas del consumidor.
6. Determinar el grado de homeostasis (desacoplamientos críticos) de la plataforma y sus derivados (desacoplamientos adicionales) para los mercados objetivo. Esto está relacionado con el punto 3.
7. Desarrollar el carácter y atributos afectivos del sistema. Esto es tarea de diseñadores industriales con la experiencia y madurez necesaria para hacer esta traducción de requerimientos en atributos del producto.
8. Detallar el sistema cuidando compactar y no aumentar la estructura definida. En esta fase se completan los detalles de manufactura, los de los instrumentales y las dimensiones finales de cada parte o componente. El punto más importante es respetar la arquitectura ya definida.
9. Decorar o maquillar el sistema y posibilitar su diferenciación al final de la línea de ensamble o manufactura.

En paralelo y a cada paso del proceso se deben aplicar los principios de diseño:

- **Simplicidad:** Eliminar todo lo no indispensable a cada solución de diseño incorporada en el producto.
- **Claridad:** Eliminar los conflictos internos e incluir interfaces dedicadas para cada zona de interacción permanente del sistema.
- **Unidad:** Mantener las proporciones y participación relativa de todos los elementos de la solución de diseño. Un aspecto particularmente importante de este punto es el cuidar la tentación de incluir cambios de última hora, capaces de destruir los logrados en meses de trabajo. Estos cambios se han de documentar y analizarse con detenimiento y luego incluirse como parte de la refinación del diseño [AI, 2011].

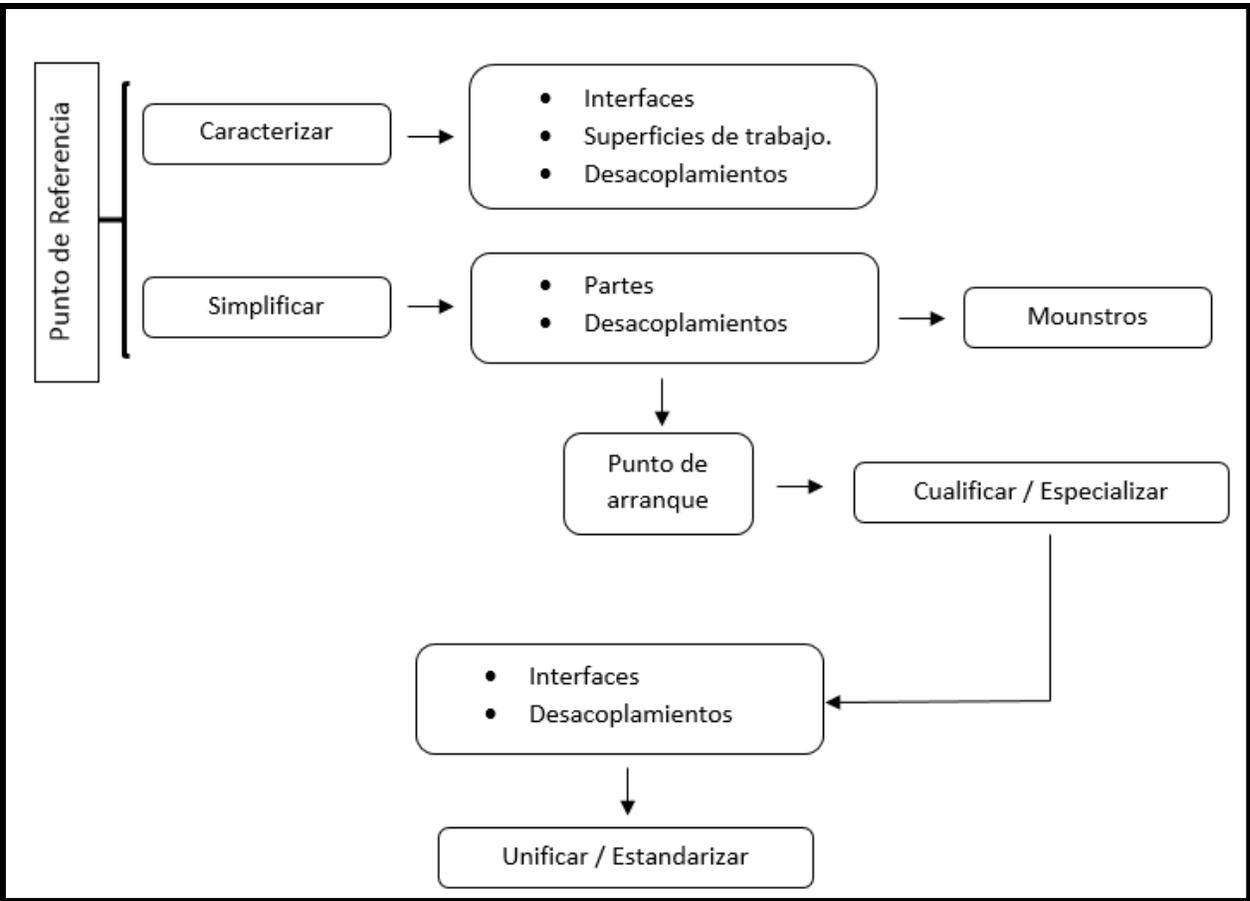


Figura 2.2 Procedimiento del diseño apodíctico [AI, 2011]

#### 2.2.4 Modelado del proceso de diseño

Existen diversas maneras de modelar un proceso de diseño, ya sea de manera directa o retroalimentada, en la primera, el diseño suele ser deficiente, ya que, al no existir una retroalimentación sobre el uso o geometría del diseño, se considera muy básico y en algunos casos resulta inútil diseñar de esta manera.

- **Proceso directo**

En su expresión más simple se puede considerar el diseño como un proceso simple que transforma el propósito o meta que se intenta alcanzar en los atributos del sistema o producto. Este modelo, simple se usa para representar el trabajo de artistas y genios que sin necesidad de analizar si su trabajo corresponde a las expectativas o propósito, lo ejecutan de acuerdo con su inspiración o motivación [AI, 2011].

En la Figura 2.3 se sintetiza el proceso directo.



Figura 2.3 Proceso directo [AI, 2011]

- **Proceso retroalimentado**

Cuando se requiere satisfacer las expectativas de un mecenas o se trata de desarrollar un producto que tenga una amplia aceptación en su mercado, el mecanismo más aceptado actualmente es el de incluir un circuito de retroalimentación que a cada paso del desarrollo regresa al origen y cuestiona si lo desarrollado sigue en línea con lo que se espera. Este enfoque tiene una lógica impecable y debería ser capaz de producir resultados exitosos de manera continua como lo muestra la Figura 2.4. Sin embargo, cuando existe una gran distancia entre la meta o propósito y el resultado esperado, es decir, cuando no se trata solo de un ajuste o mejora incremental a un producto existente, sino de una innovación en toda forma, el modelo con retroalimentación simple, se comporta de manera inestable, y en lugar de ayudar a converger a la meta, oscila incontrolablemente sin lograr el enfoque y convergencia esperados.

En la figura 2.4 se muestra el comportamiento ideal de un sistema retroalimentado. Esto se verifica siempre que la ganancia necesaria para alcanzar la meta no sea demasiado amplia. Cuando este es el caso el sistema se vuelve inestable y no converge como se esperaría [AI, 2011].



Figura 2.4 Proceso retroalimentado [AI, 2011]

- **Proceso retroalimentado amortiguado (con filtro)**

Cuando es necesario aumentar la ganancia de un sistema retroalimentado y no perder la estabilidad del mismo, se incorpora un filtro (H) en el ramal de retroalimentación, cuya función es impedir que ciertas respuestas del proceso (G) lleguen a afectar el proceso de retroalimentación. En la Figura 2.5 se esquematiza este proceso [AI, 2011].

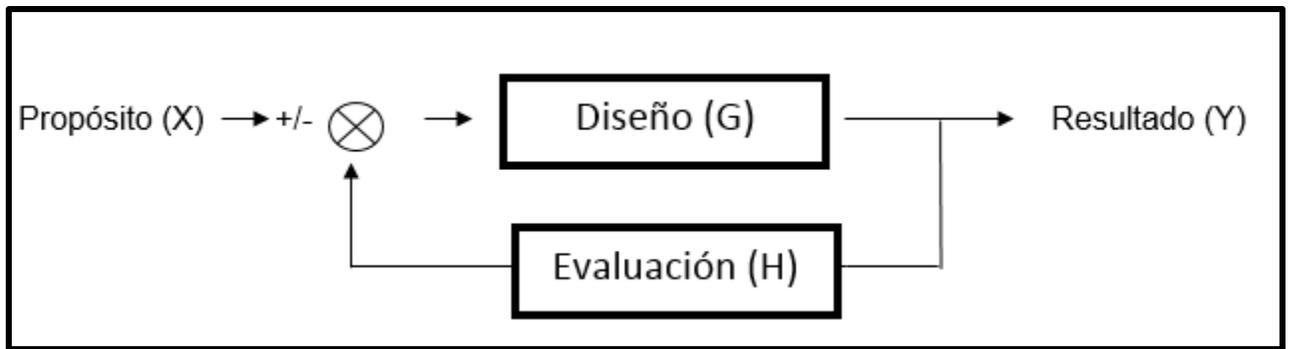


Figura 2.5 Proceso retroalimentado amortiguado [AI, 2011]

La ecuación de transferencia del sistema indica que la convergencia de un sistema retroalimentado con filtro, depende solo de (H) cuando el diseño (G) y la evaluación (H) son mucho mayores que 1, es decir, que se tiene una salida muy grande del proceso principal (G) y el filtro efectivamente funciona, eliminando repuestas no deseadas, es decir, obtener un diseño que cumpla con las expectativas de manera certera cuando se tiene un grado elevado de innovación, lo cual depende de identificar las soluciones que desestabilizan al sistema y no permiten su convergencia. Solo hay que determinar cuáles son estas respuestas no deseadas que el proceso de evaluación (H) filtrará [AI, 2011].

$$\frac{Y}{X} = \frac{G}{1 + GH} \approx \frac{G}{GH} = \frac{1}{H} \quad \text{Cuando } GH \gg 1 \quad (2 - 1)$$

El enfoque apodíctico se enfoca en la aplicación de criterios que permitan implementar una H sólida, que promuevan las soluciones a las demandas y expectativas que definen el propósito del producto o sistema a diseñar. Estos criterios buscan maximizar el potencial (G) incorporando la mejor capacidad de diseño que sea posible conjuntar en cada proyecto [AI, 2011]:

- Material diferente
- Movilidad
- Acceso
- Genera apéndice
- Genera complejidad
- Genera zona vulnerable
- Desacoplamiento deseable

Es decir, si al analizar el producto o sistema, alguna de sus componentes no cumple con alguno de los criterios anteriores, dicha pieza o componente puede tener una modificación pero no puede ser eliminable.

Se debe realizar un diagrama “padres e hijos”, con el fin conocer el nivel de complejidad que presenta el producto y de esta manera localizar las dependencias y zonas vulnerables e importantes sobre las cuales se va a manejar el diseño, en consecuencia se realiza un diagrama de interfaces, el cual consiste en trazar la dependencia de estas a lo largo del producto, identificando las partes y respetando el diagrama “padres e hijos”.

El procedimiento para realizar el diagrama de interfaces del producto, está definido de la siguiente manera [AI, 2011]:

1. Aislar o definir el sub-ensamble a analizar.
2. Realizar un croquis del sub-ensamble, analizarlo incluyendo las vistas auxiliares.
3. Identificar partes externas e interfaces del ensamble, fuentes y sumideros.
4. Analizar parte a parte representando las interfaces y funciones unitarias.
5. Al diagrama se le agregan criterios de simplificación, se eliminan las “redundancias”
6. Redibujar el diagrama
7. Buscar nuevas redundancias
8. Cuando se llega a un sistema sin redundancias, nos representa un diagrama más simple y nos sirve como punto de partida como un menor costo, lo cual nos da un sistema de mayor desempeño.
9. Se analizan los criterios de claridad y uniformidad para las funciones unitarias, balanceando el sistema, lo cual nos da un sistema confiable.

Como antecedentes en 2003, Perú implementó una normativa para el diseño de trampas de grasa. Los criterios de diseño manejados por esta entidad fueron los siguientes:

1. La relación largo: ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida entre 2:1 a 3:2.
2. La profundidad no deberá ser menor a 0.80 metros.
3. El ingreso a la trampa de grasa será por medio de un codo de 90 grados y un diámetro mínimo de 75 milímetros, la salida será promedio de una tee con un diámetro mínimo de 75 milímetros.
4. La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0.15 metros por debajo del nivel del líquido.
5. La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá no ser menor a 0.05 metros.
6. La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0.05 metros por debajo del nivel de la loza del techo.
7. La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0.075 metros ni más de 0.15 metros del fondo.
8. El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0.30 metros.
9. La trampa de grasa deberá ser de forma tronco cónica o piramidal invertida con la pared de lado de salida vertical. El área horizontal de la base deberá ser de por lo menos 0.25 x 0.25 metros por lado o de 0.25 de diámetro. Y el lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45° a 60° con respecto a la horizontal.

Se observa un croquis sobre este diseño en la Figura 2.6

- Se podrá aceptar diseños con un dispositivo adjunto para el almacenamiento de grasas, cuando la capacidad total supere los 0.6 metros cúbicos o donde el establecimiento trabaje en forma continua por más de 16 horas diarias.
- Las trampas de grasa y el comportamiento de almacenamiento de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual, deberá estar a 0.05 metros por encima del nivel del agua. El volumen máximo de acumulación de grasa será de por lo menos de un tercio del volumen total de la trampa de grasa, tal como se observa en la Figura 2.7

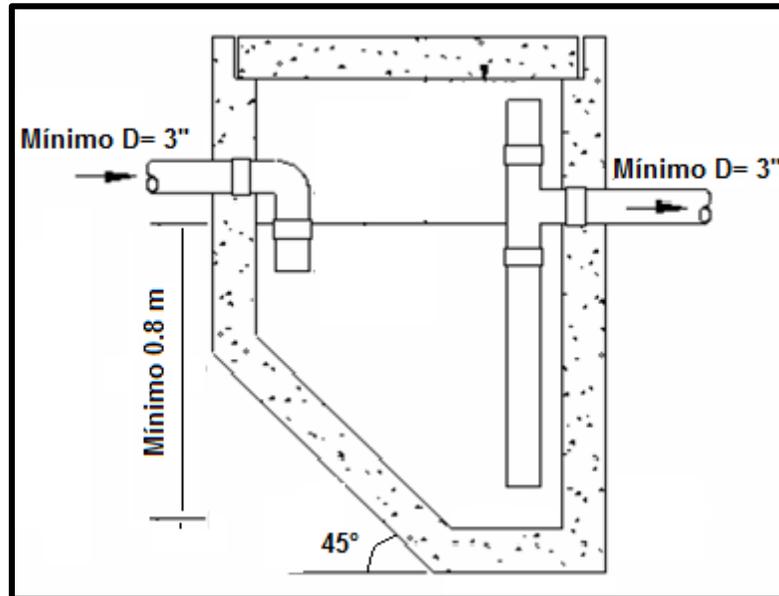


Figura 2.6 Diseño propuesto en la normativa de Perú [UNATSABAR, 2003]

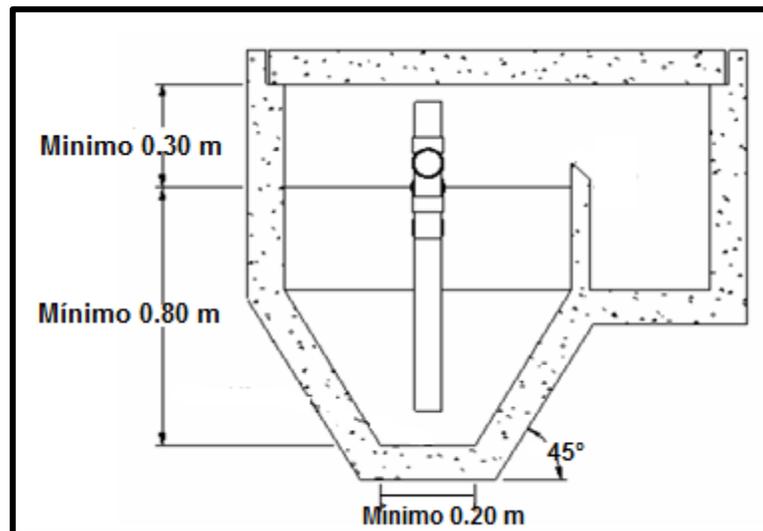


Figura 2.7 Dispositivo adjunto en la normativa de Perú [UNATSABAR, 2003]

## **2.3 Construcción e Innovación**

Las propiedades de las aguas residuales cargadas de grasa deben tenerse en cuenta al determinar el tamaño de un interceptor de grasa eficaz. Por ejemplo, las grasas y los aceites tienen una gravedad específica inferior a la del agua. Cuando se deja sin alterar, una mezcla cargada de grasa se separa, con la grasa y el aceite flotando hacia la parte superior. Otro factor a considerar es la temperatura de congelación de GAR. Otros factores que afectan el tamaño del interceptor incluyen:

1. Tiempo de retención
2. Caudales
3. Concentración
4. Frecuencia de bombeo
5. Química

### **1. Tiempo de Retención**

El tiempo de retención es la cantidad de tiempo que tarda una partícula de influente en viajar a través del sistema de admisión al sistema de escape de la trampa de grasa. Es un factor crítico en la eliminación de una cantidad adecuada de GAR. Las aguas residuales que entran en un interceptor requieren cierto tiempo para que se produzca la separación por gravedad del GAR. Por lo tanto, el diseño de un interceptor para maximizar el tiempo de retención es el factor más importante en su eficacia [NPCA, 2000].

### **2. Caudales**

Los caudales de aguas residuales y los tiempos de retención son inversamente proporcionales. Cuanto mayor es el caudal, menor es el tiempo de retención. No existe un método singularmente aceptado para calcular el caudal previsto [NPCA, 2000].

### **3. Concentración**

La fuerza de los residuos afluentes es otro factor importante. Un interceptor eficaz debe ser lo suficientemente grande como para acumular una cantidad significativa de grasa sin afectar la eficacia de retención, pero este no debe ser el factor de tamaño predominante, ya que las frecuencias de limpieza deben tenerse en cuenta [NPCA, 2000].

### **4. Frecuencia de bombeo**

El tamaño debe ser suficiente para optimizar la limpieza y las bombas (para reducir los tiempos y costos de operación del propietario o del prestador de servicio de mantenimiento) [NPCA, 2000].

### **5. Química**

Las temperaturas de las aguas residuales y los químicos emulsionantes afectan la velocidad a la que las grasas y los aceites se separarán de las aguas residuales. Por lo tanto, los

interceptores deben ser lo suficientemente grandes como para actuar como un disipador de calor, dando nuevo influente el tiempo para enfriar, mientras que las emulsionantes liberan sus enlaces químicos en grasas y aceites [NPCA, 2000]

## **2.4 Consideración de operación y mantenimiento**

El empleo de una trampa de grasa es de carácter obligatorio para el acondicionamiento de las descargas de los lavaderos, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes, cocinas de hoteles, hospitales y similares, donde existe peligro de introducir cantidad suficiente de grasa que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales así como las descargas de la red [UNATSABAR, 2003].

Existen señales típicas para el mantenimiento de una trampa de grasa:

- Grasa que se desborda de la trampa y va hacia el sistema de desagüe y sus alrededores.
- No son visibles las tuberías (algunos tipos de trampas solamente).
- La capa de grasa está casi sólida y es gris o negra.
- Los drenajes que van a la trampa de grasa se están desbordando.
- Han pasado varios meses desde la última vez que se ha limpiado la trampa manualmente o con bomba, o se ha extraído grasa de esta.

Características principales para el mantenimiento [UNATSABAR, 2003]:

- Los desechos de los desmenuzadores de desperdicios no se deben descargar a la trampa de grasa.
- Las trampas de grasa deberán ubicarse próximas a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasosos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos.
- Las trampas de grasa deberán proyectarse de modo que sean fácilmente accesibles para su limpieza y eliminación o extracción de las grasas acumuladas.
- Las trampas de grasa deberán ubicarse en lugares cercanos en donde se preparan alimentos.
- La capacidad mínima de la trampa de grasa deberá ser de 300 litros.
- En el caso de grandes instalaciones como hospitales o restaurantes que atiendan más de 50 personas, deberán considerar la instalación de dos trampas de grasa.
- Las trampas de grasa pueden ser construidas de metal, ladrillos, plástico o concreto de forma rectangular o circular.
- No se permitirá colocar encima o inmediato a ello maquinarias o equipo que pudiera impedir su adecuado mantenimiento.

Las trampas de grasa deben operarse y limpiarse regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza debe determinarse con base en la observación. Generalmente, ésta debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo.

El personal de limpieza de los restaurantes de la Ciudad de México, llamados “lavalozas”, cuentan con el material necesario y disponible para la limpieza de las trampas de grasa:

- Cubetas de diferente tamaño.
- Bidón
- Embudo
- Colador
- Jabón
- Guantes
- Cubre bocas
- Cofia
- Estropajo
- Bolsa para basura

Existen dos clases de mantenimiento: El mantenimiento preventivo y el correctivo.

### **Mantenimiento preventivo**

La persona encargada del mantenimiento deberá diseñar el mantenimiento preventivo que comprende el conjunto de actividades ordenadas en el tiempo y con identificación de los recursos necesarios para desarrollarlas, con el propósito de prevenir daños, accidentes o disminución de la eficiencia del sistema de las trampas de grasas.

Dentro de las actividades que se debe desarrollar en el mantenimiento preventivo están:

- Elaboración de inventario técnico
- Clasificación de las Instalaciones y equipos
- Identificación de cada una de las instalaciones y equipos
- Elaboración del plan de mantenimiento preventivo de acuerdo con los manuales de mantenimiento.
- Conformación de archivos técnicos de mantenimiento
- Existencia de herramientas adecuadas para las labores de mantenimiento.

Actualmente en la Ciudad de México se manejan 2 métodos de mantenimiento preventivo, los cuales se explican a continuación:

#### a) Método completo

1. Colocar el material de limpieza
2. Colocar el colador sobre una cubeta limpia
3. Retirar las rejillas de separación
4. Retirar el residuo con una cubeta de 4 litros
5. Vaciar el residuo en la cubeta, pasando por la coladera antes.
6. Cuando la cubeta llegue a su máxima capacidad, cambiar por otra
7. Recoger los residuos que se encuentran sedimentados con la cubeta
8. Verterlos sobre el colador para remover el excedente de agua
9. Retirar los residuos que se encuentren adheridos a la trampa de grasa
10. Lavar la trampa de grasa
11. Colocar en una bolsa los residuos (en su mayoría orgánicos), que se encuentran en la coladera
12. Verter el residuo (agua, grasa y aceites), en una coladera.

13. Colocar la basura en los depósitos específicos del establecimiento.

b) Método rápido

1. Con la ayuda de una bomba de succión retirar el residuo completo (agua, grasa, aceites y resto de comida) de la trampa de grasa
2. Retirar el sobrante que puede llegar a quedar de los residuos en el sistema de sedimentación en una bolsa de basura.
3. Vaciar los residuos en bidones
4. Almacenar los bidones en un cuarto frío

### **Mantenimiento correctivo**

El contratista se compromete en la reparación inmediata y oportuna de cualquier daño que se produzca en las instalaciones y equipos. Por lo cual, es necesario disponer de los elementos humanos y físicos requeridos para atender cualquier situación de emergencia. Dentro de las actividades de mantenimiento semanal y mensual que se debe realizar a las trampas de grasas son las siguientes:

- Retiro de sólidos, nata de grasa y demás elementos que se encuentren en su interior.
- Retiro de lodos sedimentados.
- Verificación de su estado físico como paredes, tabiques y tapas superiores.

A diferencia de Perú, la mayoría de los restaurantes con servicio completo en la Ciudad de México, poseen trampas de grasa en un rango de 40 a 100 litros aproximadamente, cabe destacar que esta diferencia de capacidades se debe a que cada país tienen necesidades sanitarias diferentes, en el capítulo de resultados se analizará la factibilidad ambiental para la capacidad mínima de una trampa de grasa en la Ciudad de México.

Es necesario eliminar el agua, aceite y residuos interceptados por las trampas de grasa para garantizar su correcto funcionamiento, ya que, de no hacerlo se puede originar un desbordamiento de la mezcla por la parte superior de la trampa y tuberías contiguas, ocasionando que el piso de la cocina se vea afectado por el aceite que pueda contener la mezcla y una contaminación de las aguas residuales, respectivamente.

El mantenimiento dependerá de la cantidad de gasto y capacidad de la trampa, factores que dependen de la afluencia de comensales, tiempo de retención, factor de almacenamiento por día o semana. Con base en la metodología descrita anteriormente, se replantearán las características principales para la ubicación y correcto mantenimiento de una trampa de grasa en la Ciudad de México.

## **2.5 Tratamiento del desecho**

En la actualidad existe un cambio acelerado en la búsqueda de la conservación del medio ambiente, la contaminación del agua, del suelo y del aire. Por tal motivo ha surgido la preocupación por el deterioro ambiental y de salud que originan los residuos industriales, entre ellos los efluentes grasos. Los residuos que se generan (GAR) en una trampa de grasa en los sistemas de alcantarillado son un problema en muchas ciudades debido al aumento en el número de restaurantes. Con los sistemas de alcantarillado envejecidos en muchas áreas metropolitanas, el problema se amplifica.

Con una significativa mezcla de varios compuestos proveniente de un restaurante como son: agua, residuos orgánicos, di/triglicéridos, ácidos grasos, jabones y solventes los cuales recaen en una trampa de grasa, las superficies internas del interceptor junto con las paredes de las tuberías en las líneas de alcantarillado proporcionan oportunidades para que los materiales orgánicos se acumulen. Como se mencionó, la grasa y aceite se debe quitar manualmente de la trampa de grasa, pero hay ocasiones en que no se hace un tratamiento adecuado, lo cual origina que se tapen las salidas al alcantarillado y se recurra a un mantenimiento más costoso a base de bombeo. Debido a este gran problema se han buscado medios biotecnológicos para darle un tratamiento a las aguas residuales con el propósito de recuperar sus propiedades naturales, eliminando la toxicidad, entre estos métodos se encuentra el tratamiento bacteriano y enzimático [González y col., 2012].

### **2.5.1 Bacterias**

Las bacterias existen en diferentes formas, en su mayoría son heterótrofas. Las bacterias son numerosas y se encuentran en cualquier ambiente, en la tierra, en el aire, en el agua, en la materia que tocamos diariamente, así como en los alimentos, tema que es de suma importancia para esta tesis, ya que las bacterias pueden sobrevivir en el medio adecuado.

Por lo general el ser humano solo piensa en las bacterias como “gérmenes” que producen enfermedades. Esta creencia no es totalmente correcta. De las más de 1,500 especies de bacterias, solo unas 250 causan enfermedades. Las actividades de las bacterias en su mayoría suelen ser necesarias, razón por lo cual la sociedad ha usado muchas especies de bacterias en la producción de alimentos y medicina.

### **2.5.2 Enzimas**

Las enzimas son proteínas especializadas en la catálisis de las reacciones biológicas, se encuentran entre las más notables de las biomoléculas conocidas por su poder catalítico, que es mucho mayor que los catalizadores hechos por el hombre. El nombre de enzima se empleó hace más de un siglo, pero desde mucho antes ya se sospechaba que ciertos catalizadores biológicos intervenían en la fermentación del azúcar para formar alcohol. Todo esto significa que las enzimas aceleran la transformación de un compuesto orgánico en otro. En la actualidad se han identificado cerca de 2,000 enzimas diferentes.

Las enzimas tienen la capacidad de oxidar distintos contaminantes orgánicos para transformarlos a otros productos permitiendo un mejor tratamiento final de los residuos. La temperatura es un factor importante en la actividad enzimática; por cada 10°C de aumento, la actividad enzimática se incrementa, aquí hay que tener cuidado de no exceder la temperatura que resisten las enzimas, ya que inhibe su actividad, como se muestra en la Figura 2.8

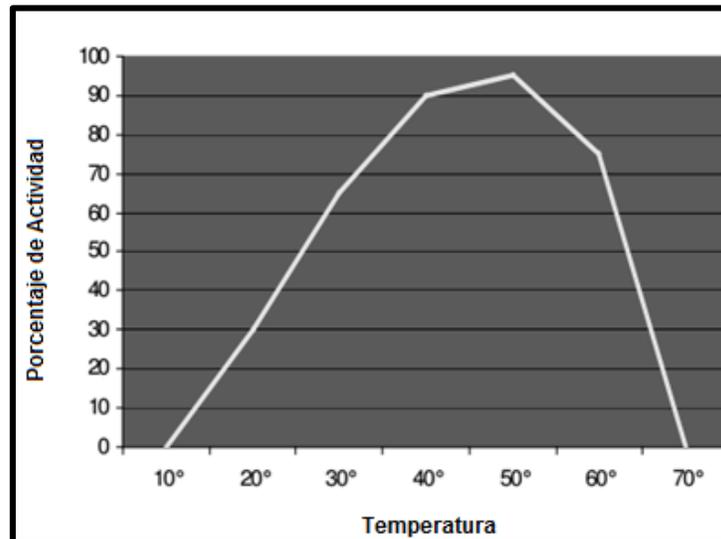


Figura 2.8 Relación entre actividad enzimática y temperatura

Las enzimas son producidas por microorganismos unicelulares (bacterias) que han habitado la tierra por millones de años. Estos microorganismos se alimentan de materia orgánica descomponiéndola en partículas más simples (agua y dióxido de carbono), donde una nueva forma de vida puede evolucionar. Al final de este proceso el desecho orgánico se elimina y deja de ser contaminante o deja de producir malos olores. En la actualidad se ha logrado utilizar enzimas para degradar diversos desperdicios, haciendo efectivas múltiples tareas de limpieza.

A continuación se mencionan los métodos biotecnológicos para el tratado de aguas residuales:

#### a) Método bacteriano

Es fundamental realizar un adecuado mantenimiento de la trampa de grasa para que esta funcione de manera eficiente. Si no se controlan los niveles de grasa, aceite y sólidos acumulados, pueden generarse muchos problemas como:

- Obstrucciones
- Acumulaciones en los desagües
- Malos olores
- Exceso de grasas y aceite depositado en la red local de la ciudad
- Multas.

La rutina del mantenimiento que puede instrumentar cualquier restaurante o cocina para controlar la acumulación de grasas y aceites y reducir la necesidad de extraerlas por bombeo

es el uso de un aditivo bacteriano. Las bacterias para la trampa de grasas ayudan a reducir grasas y aceites y demás desechos orgánicos descomponiendo y digiriendo biológicamente los residuos y liberando dióxido de carbono y agua. Este procedimiento puede reducir mucho la necesidad de bombeos frecuentes, como así también controlar los olores que emanan de la trampa. Además, como algunas bacterias son barridas por el agua, la corriente receptora de desechos municipales se verá beneficiada. Las bacterias para las trampas de grasas son de distintos tipos. Probablemente, la más común sea la forma líquida, que puede volcarse en los desagües o aplicarse directamente en la trampa. Otra presentación muy popular es el bloque de bacterias; se trata de bloques de disolución lenta que se cuelgan de una soga y se sumergen en la trampa. Dependiendo del tamaño del bloque y de la trampa de grasas, los bloques pueden durar hasta 4 semanas. También vienen en polvo y, por lo general, esta presentación ocupa menos espacio en las estanterías y su envío es más económico.

Además de mantener las grasas y aceites en su nivel mínimo, las bacterias también resultan benéficas en las tuberías de desagüe de las cocinas. Mezclando una solución de bacterias y vertiéndola en el desagüe, las tuberías se pueden mantener libres de acumulación de grasas y aceites que dificultan el vaciado de los fregaderos y provocan malos olores. [Aboites, 2011]

#### **b) Método enzimático**

El método enzimático se usa para mejorar el efluente (descarga/vertido de agua) por suministro de enzimas ya sea por uso directo (donde se vierte una fuente biológica ya sea célula o tejido las cuales producen alguna enzima), uso de células microbianas (para la metabolización enzimática que degrada contaminantes, este se limita ya que tarda mucho tiempo en comparación de otras).

La tecnología enzimática consiste en la obtención, manipulación y modificación de enzimas para su aplicación y utilización con fines industriales, clínicos o analíticos en diversos campos. El éxito de la tecnología enzimática se debe a las propias características que contienen las enzimas:

- Son catalizadores biológicos, es decir, proteínas producidas por los seres vivos que aceleran las reacciones químicas y no se consumen durante el proceso.
- Son altamente eficaces, ya que poseen gran poder catalítico, un elevado rendimiento y no forman subproductos indeseados.
- Funcionan en condiciones suaves, a presión atmosférica, temperatura ambiente y tienen un pH neutro.
- Actúan tanto dentro como fuera de las células que las producen, por lo que pueden utilizarse in vitro para fines analíticos, sanitarios o industriales.
- Están sometidas a regulación, por lo que los procesos enzimáticos se pueden controlar fácilmente.

Por todas estas razones, se puede afirmar que las enzimas forman parte de un medio ambiente sostenible, ya que son sustancias naturalmente biodegradables su utilización no requiere de equipos resistentes a presión, calor o corrosión, ahorrando dinero y energía, pueden sustituir o reducir la utilización de sustancias químicas contaminantes en distintos tipos de industrias y se producen ecológicamente a partir de organismos vivos [Qamsary y col., 2011].

## Capítulo 3. Materiales y métodos

### 3.1 Casos de estudio (situación actual)

Con la autorización de los respectivos gerentes, se realizó una investigación de campo en diez restaurantes de la Ciudad de México, tomando diversas muestras de trampas de grasa, para localizar de mejor manera las problemáticas y de esta manera enfocarse en una solución óptima. Para resumir de manera eficiente cada punto se utilizó un formato de datos Figura 3.1

<b>#Trampa:</b> _____ <b>Restaurante:</b> _____
<b>Fecha:</b> _____
<b>Tipo de trampa:</b> _____
<b>Observaciones:</b> _____ _____

Figura 3.1 Formato de datos para la supervisión [Arellano y Sánchez, 2017]

La metodología de investigación fue realizada en dos partes, la primera de ella consta de una supervisión a distintos tipos de restaurantes donde se realizaban las siguientes observaciones:

- Tipo de restaurante
- Tipo de trampa
- Horario de limpieza
- Frecuencia de mantenimiento
- Tiempo de mantenimiento
- Empresa o persona que realiza en mantenimiento
- Costo del mantenimiento
- Herramental necesario
- Numero de trampas del restaurante

Posteriormente se acudió en el horario establecido por cada restaurante para realizar el mantenimiento de las trampas, con el propósito de conocer de cerca las problemáticas que se presentan durante el mantenimiento y el comportamiento real de cada una de ellas, en donde se realizaron las siguientes observaciones:

- **Sedimentación del residuo**  
Con base en estas observaciones, es posible conocer la manera en que el residuo se deposita en el piso de las trampas, lo cual depende del tipo de alimento que maneja el restaurante.
- **Eficiencia del sistema de separación**  
El objetivo principal de observar este sistema, es comparar la separación del residuo, mientras fluyen los residuos a través de él.
- **Eficiencia del sistema de sedimentación**  
El objetivo es comparar y evaluar los diferentes sistemas de separación presentes en los diferentes productos, y observar el área que ocupan dentro del dispositivo
- **Eficiencia del sistema de admisión y escape**  
El objetivo es investigar los parámetros en los que actualmente operan las tuberías de entrada y salida de la trampa de grasa, es un lugar en donde el mantenimiento se debe realizar constantemente, para evitar posible acumulación de residuos y moho.
- **Gestión de los residuos de la trampa de grasa**  
El objetivo principal es conocer la manera en que los restaurantes gestionan el residuo una vez que se ha realizado el mantenimiento de la trampa.
- **Problemáticas para el mantenimiento**  
El objetivo es conocer las principales problemáticas que se presentan al momento de realizar el mantenimiento, en cuanto a espacio, horarios, residuos, y metros cuadrados libres para llevar a cabo la operación de mantenimiento.
- **Desinformación en el dispositivo**  
El objetivo es observar las consecuencias de una mala desinformación por parte del proveedor y del diseñador del producto
- **Desinformación en los accesorios**  
El objetivo es evaluar la desinformación de las partes y sistemas internos de la trampa
- **Kilogramos de desecho acumulado**  
El objetivo es conocer la cantidad de residuos aproximado, de efluentes en un periodo de tiempo acotado, dadas las condiciones de los distintos restaurantes.
- **Cantidad de insumos para el mantenimiento**  
El objetivo es conocer la cantidad real de jabón utilizado al momento del mantenimiento, y el agua necesaria para lograr un mantenimiento eficiente.
- **Cantidad de personal para el mantenimiento**  
El objetivo es conocer el número mínimo de personas que se necesitan para darle mantenimiento en el menor tiempo posible.
- **Metodología para no contaminar el área del restaurante**  
El objetivo es conocer los efectos remanentes que se tienen al momento de realizar el mantenimiento en los alrededores de la trampa

### 3.2 Planteamiento de la metodología

A continuación en la figura 3.2 se muestra la metodología para el diseño de una trampa de grasa

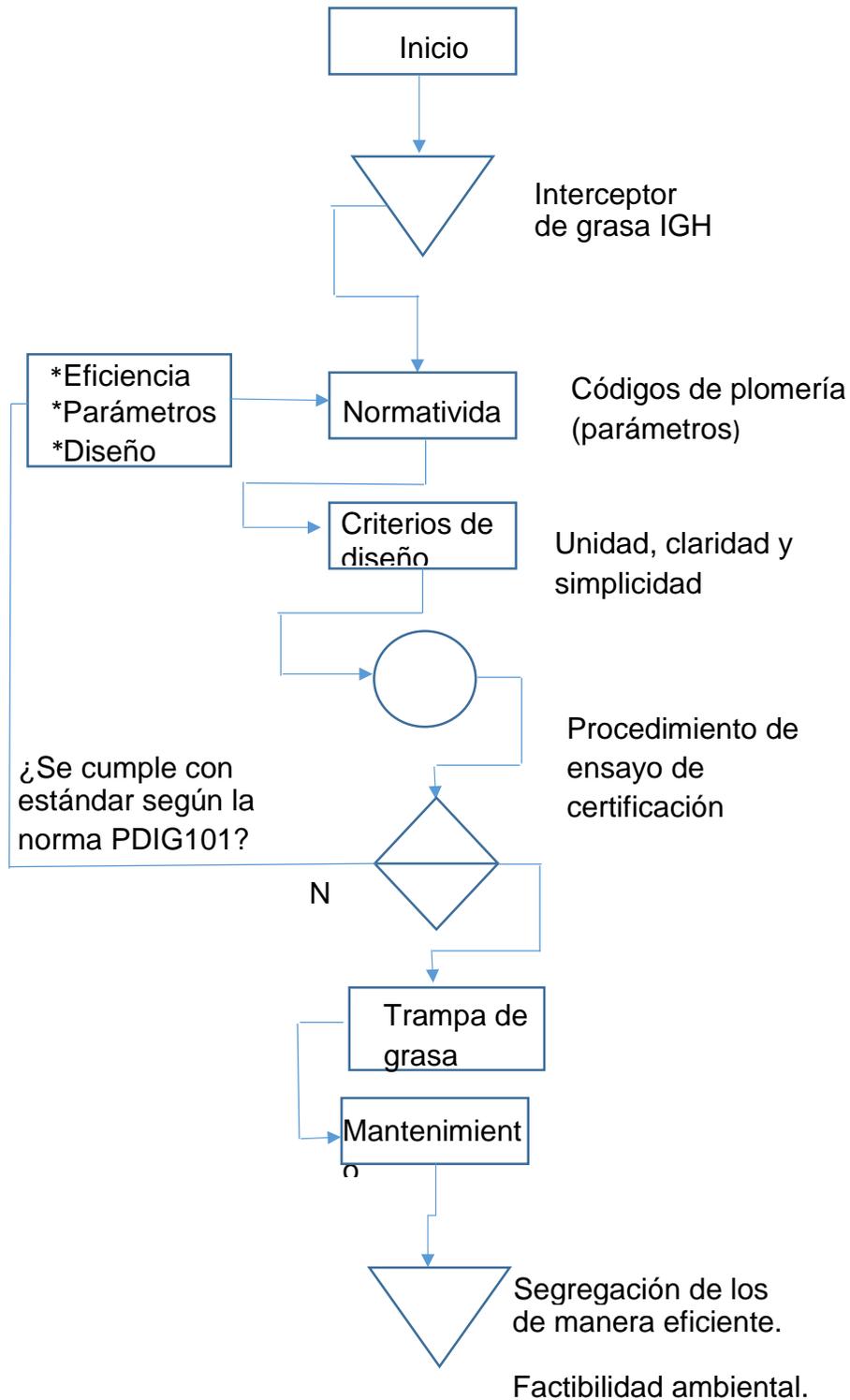


Figura 3.2 Diagrama de flujo de la metodología

## Capítulo 4. Resultados

La investigación de campo, se realizó con el apoyo de los gerentes de diferentes tipos de restaurantes, en donde se logró visitar diez establecimientos, los cuales se muestran en la tabla 4.1, se enumeran en el orden en que fueron supervisados.

### 4.1 Restaurantes supervisados

A continuación se podrán observar los resultados de las diferentes supervisiones realizadas en la investigación de campo

Tabla 4.1 Tipo de restaurantes supervisados

Restaurantes visitados	Tipo de residuo Comida:	Tipo de restaurante	Tipo de servicio
1	Mexicana	Con servicio completo	Lujo
2	Oriental	Con servicio limitado	Cuarta clase
3	Oriental*	Comida para llevar	Cuarta clase
4	Mexicana*	Con servicio completo	Tercera clase
5	Rápida	Con servicio completo	Familiar
6	Vegana*	Con servicio limitado	Buffet
7	Carnes rojas	Con servicio completo	Tercera clase
8	Carnes rojas	Preparación de ocasiones especiales	Gourmet
9	Comida del mar	Con servicio limitado	Menú y a la carta
10	Comida rápida	Con servicio limitado	Comida rápida

\*Restaurantes en donde fue posible realizar mantenimiento preventivo y correctivo.

Durante las primeras visitas no fue posible seguir la metodología planeada, ya que, los gerentes nos otorgaban los horarios en los cuales podíamos entrar a la cocina que en su mayoría eran de 5 am a 6 am, los resultados de la supervisión se lograron hasta la segunda visita realizada al restaurante, con una duración de una hora. Como se muestra en la tabla 4.2, tres restaurantes nos dieron la posibilidad de darle mantenimiento a su trampa de grasa, en primera instancia se realizó un mantenimiento preventivo en una trampa de grasa de un restaurante de comida mexicana, posteriormente se dio mantenimiento correctivo en un establecimiento de comida vegana.

Tabla 4.2 Resultados de los diferentes tipos de mantenimiento realizados a diversos restaurantes.

Tipo de mantenimiento	Tipo de Residuo	Duración	Observaciones de gestión de residuos
Preventivo	Comida mexicana	1 hora	Los desechos fueron vertidos en la alcantarilla
Correctivo	Comida Vegana	2 horas 30 min	Los desechos fueron vertidos en bolsas negras
Preventivo	Comida Oriental	45 min	Los desechos fueron vertidos a la alcantarilla

#### 4.1.1 Supervisión de trampa de grasa de un restaurante de comida mexicana

De la tabla 1.8 a 2.0 se resumen los parámetros y observaciones de cada caso, los resultados de la investigación se muestra a continuación.

En la figura 4.1 se muestra una trampa de grasa con ubicación bajo tierra. a media capacidad, con quince días de haberse realizado el mantenimiento.

Tabla 4.3 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida mexicana

Tipo de Restaurante	Comida Mexicana
Tipo de Trampa	Ubicación relativa
Marca, modelo	San-son, TG95
Horario de limpieza	8 a.m.
Frecuencia de mantenimiento	cada 15 días
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Tiempo de mantenimiento	1 hora
Empresa o persona que realiza el mantenimiento	Chef
Costo de mantenimiento	\$1,000.00
Herramental necesario	Nulo
Numero de trampas del restaurante	2



Figura 4.1 Fotografía de las condiciones de la trampa de grasa en un restaurante de comida mexicana [Arellano y Sánchez, 2017]

#### Observaciones:

Durante la realización del mantenimiento preventivo se realizaron observaciones en 3 segmentos. De acuerdo al flujo que se sigue en la trampa de grasa.

- **De los sistemas:**

-Admisión:

El sistema de admisión de esta trampa (Figura 4.2) está instalado de manera correcta, es notable que la instalación fue planeada.

La tubería presenta una cantidad considerable de cochambre.

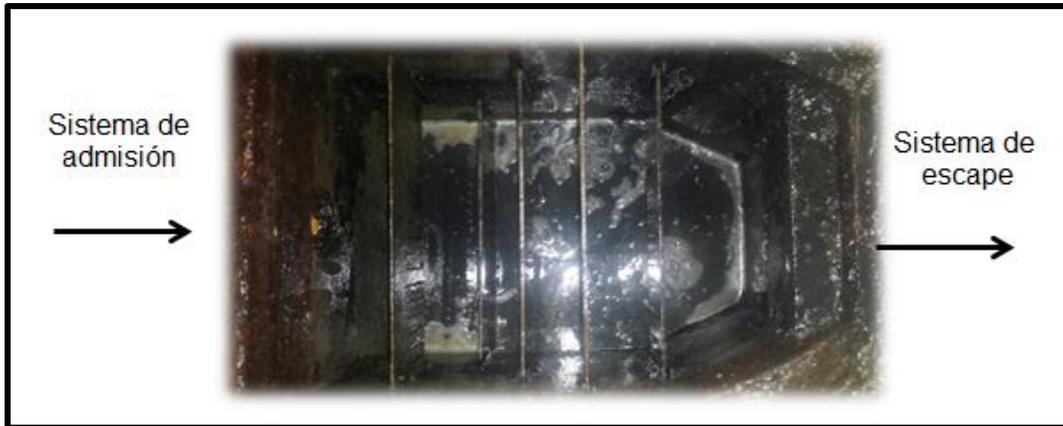


Figura 4.2 Fotografía de vista superior de la trampa de grasa después de la realización del mantenimiento preventivo [Arellano y Sánchez, 2017]

**-Separación:**

El equipo consta de un sistema de separación de cinco deflectores, intercalados para un mejor flujo del residuo, una en la parte inferior, es decir está colocada perpendicular al piso de la trampa, tres en la parte intermedia, para la separación de los fluidos y una en la parte superior para la separación de la grasa.

**-Sedimentación:**

Este sistema está hecho de concreto, al igual que las paredes del dispositivo, lo cual puede ocasionar un mal mantenimiento originado por la adhesión de grasas y restos de alimentos, teniendo como consecuencia la presencia de moho (Figura 4.3), el cual cambia el aspecto sanitario del dispositivo.

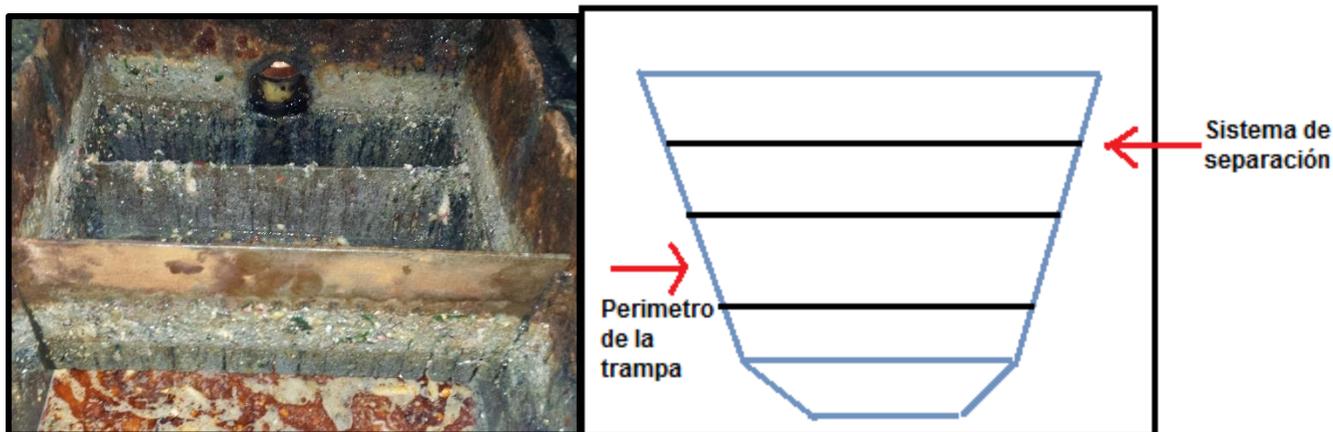


Figura 4.3 Fotografía de la presencia de moho y grasas adheridos en las paredes y guías del dispositivo y bosquejo de vista superior de la trampa de grasa [Arellano y Sánchez, 2017]

- **Del diseño:** A diferencia de las trampas tradicionales, este modelo presenta una forma de trapecio isósceles al final de la geometría, justo en el inicio del sistema de escape. La tubería de escape se encuentra dentro de una cavidad al interior conectada a las tuberías y se encuentra bajo concreto de la trampa de grasa, lo cual dificulta su limpieza, dado que el usuario encargado del mantenimiento no es capaz de llegar a esa zona.  
Las paredes están fabricadas de concreto, mientras que el sistema de separación de acero inoxidable, es por ello que dentro de las rejillas de los deflectores se queda acumulado los residuos que generan cochambre.
- **De los residuos:** El compuesto orgánico es depositado en bolsas especiales y depositadas en la basura, mientras que la grasa es devuelta al sistema de alcantarillado.
- **Del mantenimiento:** El mantenimiento que se le brinda solo incluye el dispositivo y los accesorios (placas del sistema de separación).

#### 4.1.2 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida japonesa (Figura 4.4).

En la tabla 4.4 se resumen los parámetros y observaciones de la supervisión de una trampa de grasa en un restaurante de comida japonesa.

Tabla 4.4 Supervisión de trampa de grasa: Restaurante de comida japonesa.

Tipo de Restaurante	Comida Japonesa
Tipo de Trampa	Ubicación relativa
Marca, modelo	Coritat, IC-75
Horario de limpieza	7 a.m.
Frecuencia de mantenimiento	Cada 7 días
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Tiempo de mantenimiento	1 hora
Empresa o persona que realiza el mantenimiento	Lava losa
Costo de mantenimiento	\$800.00
Herramental necesario	Nulo
Numero de trampas del restaurante	1



Figura 4.4 Fotografía de las condiciones de la trampa de grasa en un restaurante de comida japonesa [Arellano y Sánchez, 2017]

#### Observaciones:

Durante la realización del mantenimiento preventivo se realizaron observaciones en 3 segmentos. De acuerdo al flujo que se sigue en la trampa de grasa.

- **De los sistemas:**

- Admisión:

El sistema de admisión de esta trampa ilustrada en la Figura 4.5 está instalado de manera incorrecta, ya que la capacidad no es la adecuada para la demanda que ejerce el restaurante, además las conexiones de tuberías no están por debajo del fregadero si no en una disposición para que llegue a un rincón de la cocina.



Figura 4.5 Fotografía del sistema de admisión y escape de una trampa de comida japonesa [Arellano y Sánchez, 2017]

- Separación:

El equipo consta de un sistema de separación de una mampara y una cavidad de escape de aguas residuales.

- Sedimentación:

Está hecho de lámina de acero inoxidable, al igual que las paredes del dispositivo, lo cual facilita el mantenimiento. El sistema mostrado en la Figura 4.6 cuenta con una placa soldada en la parte inferior ubicada a la salida de la trampa la cual tiene objetivo segregar de manera eficiente el residuo orgánico.



Figura 4.6 Fotografía en donde se observa la retención de compuesto orgánico por sistema de sedimentación [Arellano y Sánchez, 2017]

- **Del diseño:** Este modelo presenta la geometría convencional de las trampas de grasa, la tubería de escape se encuentra dentro de una cavidad al interior de la trampa de grasa, la cual dificulta su limpieza, dado que el usuario encargado del mantenimiento no es capaz de llegar a esa zona.  
Las paredes están hechas de lámina de acero inoxidable lo cual facilita el mantenimiento de esta zona.
- **De los residuos:** El compuesto orgánico es depositado en bolsas especiales y depositadas en la basura, mientras que la grasa es devuelta al sistema de alcantarillado como se puede observar en la Figura 4.7 y 4.8
- **Del mantenimiento:** El mantenimiento que se le brinda solo incluye el dispositivo y los accesorios (placas del sistema de separación).



Figura 4.7 Fotografía tomada del desecho orgánico [Arellano y Sánchez ,2017]



Figura 4.8 Fotografía tomada de la mala segregación de los desechos [Arellano y Sánchez, 2017]

#### 4.1.3 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida libanesa

En la tabla 4.5 se resumen los parámetros y observaciones de la supervisión de una trampa de grasa en un restaurante de comida libanesa.

Tabla 4.5 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida libanesa.

Tipo de Restaurante	Comida Libanesa
Tipo de Trampa	Ubicación relativa
Marca, modelo	Helvex, IG-40
Horario de limpieza	8 a.m.
Frecuencia de mantenimiento	Nunca le habían dado mantenimiento
Tipo de mantenimiento	Correctivo
Tiempo de mantenimiento	2 horas

Tabla 4.5 Supervisión de trampa de grasa en un restaurante de comida libanesa (Continuación)

Empresa o persona que realiza el mantenimiento	-
Costo de mantenimiento	\$2,000.00
Herramental necesario	Nulo
Numero de trampas del restaurante	1

En la figura 4.9 se muestra el momento de apertura de una trampa de un restaurante de comida libanesa, a la cual fue necesario darle mantenimiento correctivo, se observa la cantidad de materia orgánica en estado de putrefacción.



Figura 4.9 Fotografía de la supervisión en un restaurante de comida libanesa [Arellano y Sánchez, 2017]

**Observaciones:**

- **De los sistemas:**

-Admisión:

El sistema de admisión de esta trampa (Figura 4.10) está instalado de manera incorrecta, ya que las conexiones de tubería se encuentran por debajo del fregadero pero no a una distancia considerable para un buen mantenimiento.



Figura 4.10 Fotografía del sistema de admisión y escape de una trampa de comida libanesa [Arellano y Sánchez, 2017].

-Separación:

El equipo consta con un reductor de velocidad y tres mamparas intercaladas para una mejor separación por densidad según el principio de flotación.

-Sedimentación:

Está hecho de lámina de acero inoxidable, al igual que las paredes del dispositivo, lo cual facilita el mantenimiento. El sistema cuenta con una canastilla a lo largo de todo el sistema de sedimentación la cual tiene objetivo segregar de manera eficiente el residuo orgánico.

- **Del diseño:** Este modelo presenta la geometría convencional de las trampas de grasa, la conexión de la tubería no fue planteada de manera correcta ya que no tiene una distancia de separación de 0.90 m según la norma PDI-G010 y como consecuencia dificulta el mantenimiento de la trampa de grasa. Las paredes están hechas de lámina de acero inoxidable lo cual facilita el mantenimiento de esta zona, pero por parte de la canastilla fue difícil la limpieza ya que la acumulación de comida orgánica y presencia de moho en los orificios hacia que esta quedara estancada en el área de sedimentación (Figura 4.11).



Figura 4.11 Fotografía de la acumulación de moho y comida orgánica en la canastilla que pertenece al sistema de sedimentación [Arellano y Sánchez, 2017]

- **De los residuos:** El compuesto orgánico es depositado en bolsas especiales y depositadas en la basura, mientras que la grasa es devuelta al sistema de alcantarillado.
- **Del mantenimiento:** El mantenimiento que se le brinda solo incluye el dispositivo y los accesorios (placas del sistema de separación).

En la tabla 4.6. Se muestra un resumen de comparación de las observaciones realizadas en los diferentes sistemas de las trampas de grasa en los restaurantes.

Tabla 4.6 Comparación de las observaciones en cada trampa

De los sistemas de la trampa de grasa	Admisión			
	Mantenimiento realizado en:	Instalación Correcta	Estado de la tubería	Instalación Planeada
	Comida Mexicana	SI	Alta presencia de Moho	SI
	Comida Japonesa	NO	Baja presencia de Moho	NO
	Comida Libanesa	SI	Alta presencia de Moho	SI
	Separación			
	Mantenimiento realizado en:	Cantidad de deflectores		Geometría
	Comida Mexicana	5		Trapezio Isósceles
	Comida Japonesa	3		Cuadrada
	Comida Libanesa	4		Cuadrada

Tabla 4.6 Comparación de las observaciones en cada trampa (Continuación)

		Sedimentación			
	Mantenimiento realizado en:	Adherencia de grasas		Presencia de Moho	
	Comida Mexicana	ALTA		SI	
	Comida Japonesa	BAJA		NO	
	Comida Libanesa	BAJA		SI	
		Diseño			
Arquitectura del dispositivo	Mantenimiento realizado en:	Geometría	Orientación de deflectores	Sistema de sujeción	Información para el usuario
	Comida Mexicana	Trapezio	Paralelos	Sin Llave	NO
	Comida Japonesa	Cuadrada	Paralelos	Sin Llave	NO
	Comida Libanesa	Cuadrada	Paralelos	Llave Allen	NO
		Mantenimiento			
Arquitectura del dispositivo	Mantenimiento realizado en:	Lavado total de Piezas	Disposición de utensilios de limpieza		Personal mínimo necesario
	Comida Mexicana	5	SI		2
	Comida Japonesa	2	SI		1
	Comida Libanesa	6	NO		2
		Gestión de Residuos			
Factor ambiental	Mantenimiento realizado en:	Nivel de olores fétidos	Siguiete Destino		Gestión Correcta
	Comida Mexicana	ALTO	Basura del Restaurante y Alcantarilla		NO
	Comida Japonesa	BAJO	Alcantarilla		NO
	Comida Libanesa	ALTO	Basura del Restaurante		NO

## 4.2 Planteamiento de soluciones

Para desarrollar el mecanismo el cual se diseñó por el método apodíctico de diseño el cual se explicará en la sección 4.3, primero se determinaron los grados de libertad del mecanismo (movilidad GDL). Los GDL son el número de parámetros independientes requeridos para especificar la posición relativa de los eslabones con respecto al marco. Para saber cuántos GDL tiene el mecanismo (figura 4.12) utilizaremos la ecuación de Kutzbach's en la cual se identifican las revolutas que son la unión de 2 o más elementos que generan un movimiento y eslabones que son la conexión rígida entre 2 o más elementos mostrados en la figura.

$$DOF = 3(L - 1) - 2j_1 - j_2 \quad (4 - 1)$$

Donde:

L = número de eslabones

j<sub>1</sub> = número de pares inferiores

j<sub>2</sub> = número de pares superiores

DOF = Degree of freedom

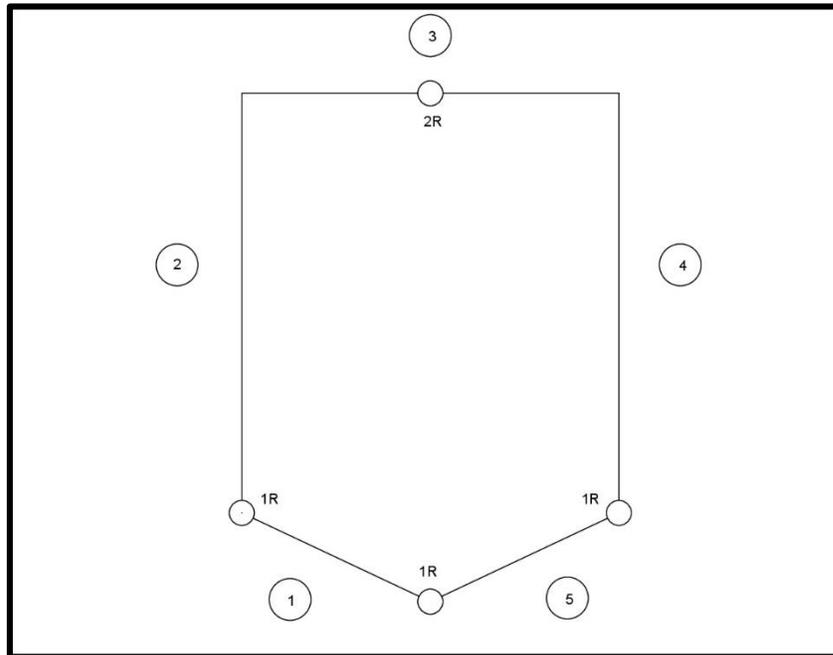


Figura 4.12 Pares cinemáticos del mecanismo

L= 5 eslabones

j<sub>1</sub>= 5 juntas completas

j<sub>2</sub>= 0

Sustituyendo en la ecuación 4-1:

$$DOF = 3(5 - 1) - 2(5) - 0 = 2$$

Para analizar las fuerzas que engloban el mecanismo utilizaremos el método matricial, dividiendo el mecanismo de 2GDL en articulaciones como se muestra en la figura 4.13.

Una vez dividió el mecanismo, se analiza cinemáticamente para tomar en cuenta las fuerzas de inercia y obtener la aceleración lineal de los centros de masa de cada eslabón en forma aislada como se ilustra en la figura 4.14.

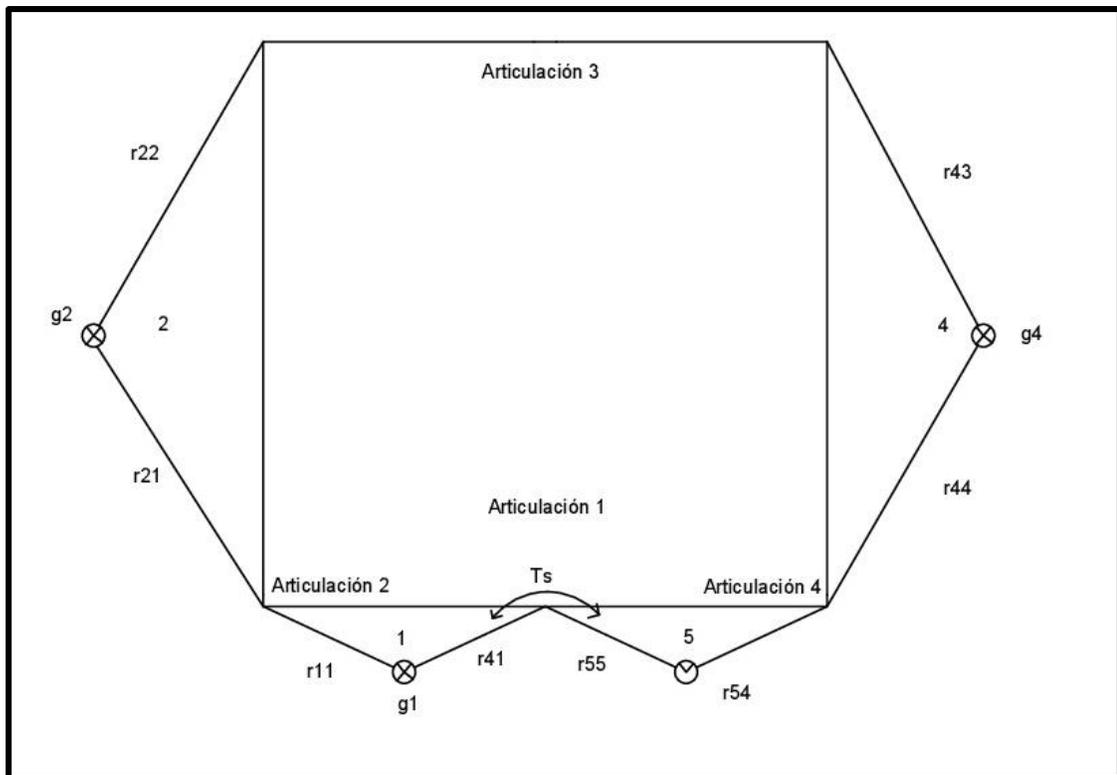


Figura 4.13 Mecanismo dividido por articulaciones

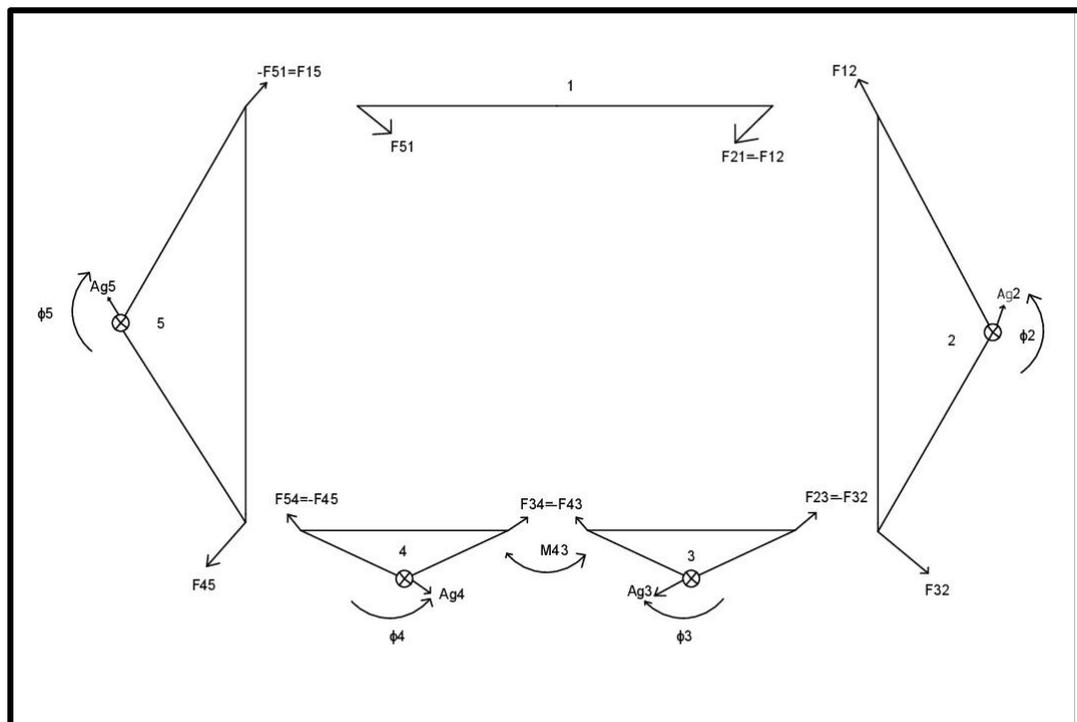


Figura 4.14 Mecanismo dividido por eslabones

Las ecuaciones vectoriales de movimiento de cada eslabón se presentan a continuación:

$$\begin{aligned}
 F_{12} - F_{32} &= m_2 * Ag_2 & [4 - 2] \\
 r_{22}XF_{12} - r_{32}XF_{32} &= I_2 * \phi_2 & [4 - 3] \\
 F_{43} - F_{23} &= m_3 * Ag_3 & [4 - 4] \\
 r_{33}XF_{43} - r_{23}XF_{23} + M_3 &= I_3 * \phi_3 & [4 - 5] \\
 F_{34} - F_{45} &= m_4 * Ag_4 & [4 - 6] \\
 r_{44}XF_{34} - r_{45}XF_{45} + M_4 &= I_4 * \phi_4 & [4 - 7] \\
 F_{45} - F_{51} &= m_5 * Ag_5 & [4 - 8] \\
 r_{55}XF_{45} - r_{51}XF_{51} &= I_5\phi_5 & [4 - 9]
 \end{aligned}$$

Desarrollando las ecuaciones 4-2, 4-4, 4-6 y 4-8 en sus componentes X e Y :

$$\begin{aligned}
 F_{12x} - F_{32x} &= m_2 * Ag_{2x} \\
 F_{12y} - F_{32y} &= m_2 * Ag_{2y}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{43x} - F_{23x} &= m_3 * Ag_{3x} \\
 F_{43y} - F_{23y} &= m_3 * Ag_{3y}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{34x} - F_{45x} &= m_4 * Ag_{4x} \\
 F_{34y} - F_{45y} &= m_4 * Ag_{4y}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{45x} - F_{51x} &= m_5 * Ag_{5x} \\
 F_{45y} - F_{51y} &= m_5 * Ag_{5y}
 \end{aligned}$$

Y ahora realizando los productos cruzados de los vectores en las ecuaciones [4-3, 4-4, 4-5 y 4-7], y teniendo en cuenta que:

$$r \times F = r_x * F_y - r_y * F_x:$$

$$r_{22x}XF_{12y} - r_{22y}F_{12x} - r_{32x}F_{32y} + r_{32y}F_{32x} = I_2\phi_2$$

$$r_{33x}XF_{43y} - r_{33y}F_{43x} - r_{23x}F_{43y} + r_{23y}F_{23x} = I_3\phi_3 - M_3$$

$$r_{44x}XF_{34y} - r_{44y}F_{34x} - r_{45x}F_{45y} + r_{45y}F_{45x} = I_4\phi_4 - M_4$$

$$r_{55x}XF_{45y} - r_{55y}F_{45x} - r_{51x}F_{51y} + r_{51y}F_{51x} = I_5\phi_5$$

Ecuaciones, que junto con las 8 anteriores, forman un sistema de 12 ecuaciones con 12 incógnitas:

$$F_{32x}, F_{32y}, F_{12x}, F_{12y}, F_{43x}, F_{43y}, F_{45x}, F_{45y}, F_{51x}, F_{51y}, M_3 \text{ y } M_4$$

Las cuales se presentan en forma matricial.

-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$F_{32x}$	$m2Ag_{2x}$
0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	$F_{32y}$	$m2Ag_{2y}$
$r_{32y}$	$-r_{32x}$	$-r_{22y}$	$r_{22x}$	0	0	0	0	1	0	0	0	$F_{12x}$	$I_2\phi_2$
0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	$F_{12y}$	$m3Ag_{3x}$
0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	$F_{43x}$	$m3Ag_{3y}$
0	0	$r_{23y}$	$-r_{23x}$	$-r_{33y}$	$r_{33x}$	0	0	0	0	1	0	$F_{43y}$	$I_3\phi_3$
0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	$F_{45x}$	$m4Ag_{4x}$
0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	$F_{45y}$	$m4Ag_{4y}$
0	0	0	0	$r_{45y}$	$-r_{45x}$	$-r_{44y}$	$r_{44x}$	0	0	0	0	$M_3$	$I_4\phi_4$
0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	$F_{51x}$	$m5Ag_{5x}$
0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	$F_{51y}$	$m5Ag_{5y}$
0	0	0	0	0	0	$r_{51y}$	$-r_{51x}$	$-r_{55y}$	$r_{55x}$	0	0	$M_4$	$I_5\phi_5$

A continuación en la figura 4.15 se identifican los nombres de las diferentes partes que componen a la trampa de grasa

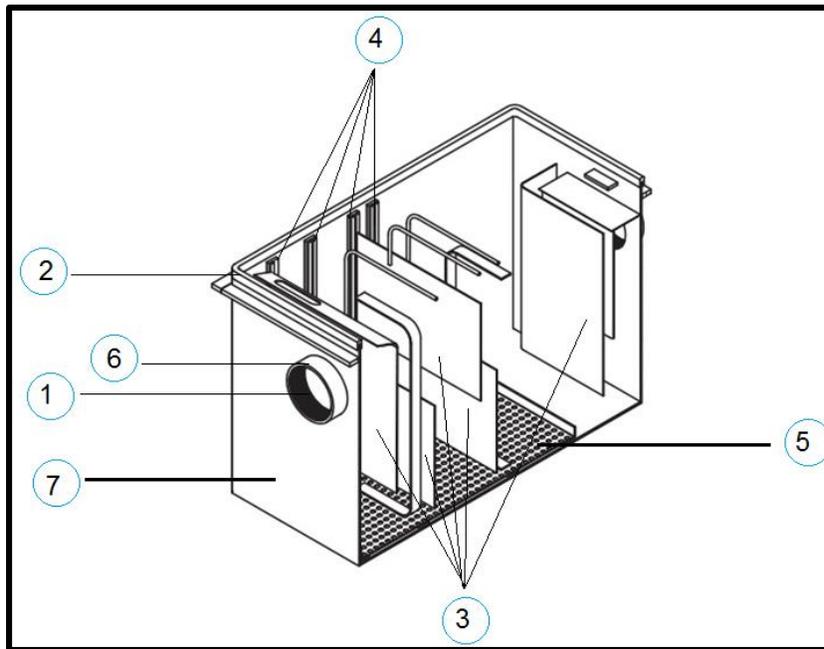


Figura 4.15 Partes que componen a una trampa de grasa

En la siguiente tabla 4.7 se identificaron las partes, interfaces, superficies de trabajo, medios y sus desacoplamientos que componen a la trampa:

Existen partes que actúan como parte de una arquitectura “forzada”, ya que, son parte de un sistema que cumplen con dos objetivos y funciones unitarias.

En la figura 4.16 se muestra el tipo de arquitectura de cada una de las partes, en donde:

M: Medio

S.T.: Superficie de trabajo

I: Interfaz

Tabla 4.7 Partes y Arquitectura de la trampa de grasa

#	Nombre	Arquitectura	Arquitectura Forzada
1	Tubería	Medio	Interfaz
2	Tapa	Interfaz	
3	Placas	Superficie de trabajo	Medio de separación de residuos
4	Canaleta	Medio	
5	Canastilla	Superficie de trabajo	Interfaz
6	Cople	Medio	Interfaz
7	Envolvente	Interfaz	Medio (Separación)

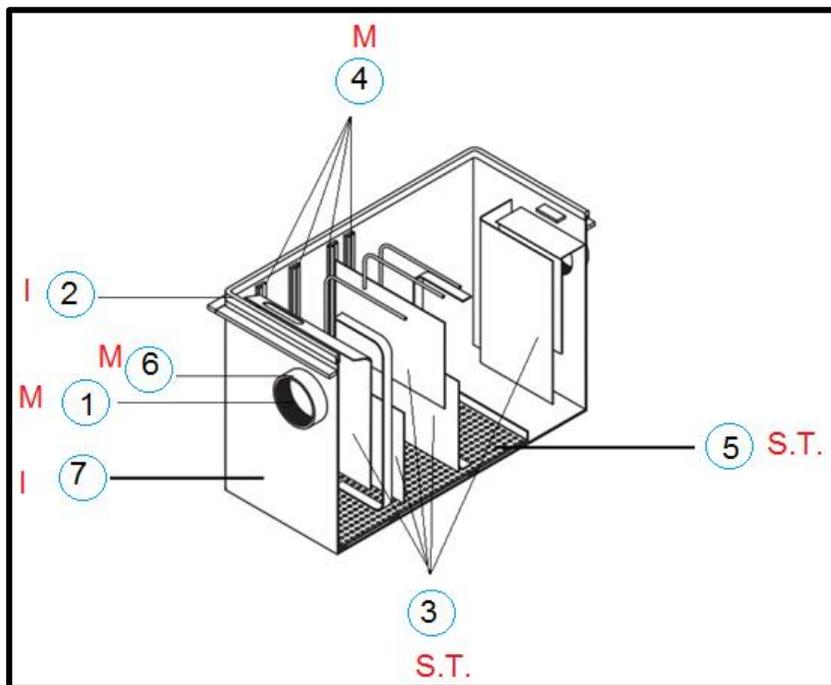


Figura 4.16 Tipo de arquitectura de cada una de las partes de la trampa de grasa

En la tabla 4.7, se hace referencia a un medio de separación, el cual se definió de la siguiente manera:

Medio de Separación: El medio es una parte de la arquitectura que sirve como conexión entre dos o más partes, en este caso, se le nombre “de separación” debido al objetivo que tiene este tipo de medio dentro del sistema de la trampa de grasa.

La trampa de grasa consta de los siguientes desacoplamientos, los cuales se muestran en la figura 4.17

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1. Tubería – Cople  | 3. Canastilla – Piso |
| 2. Canaleta – Placa | 4. Tapa – Envoltente |

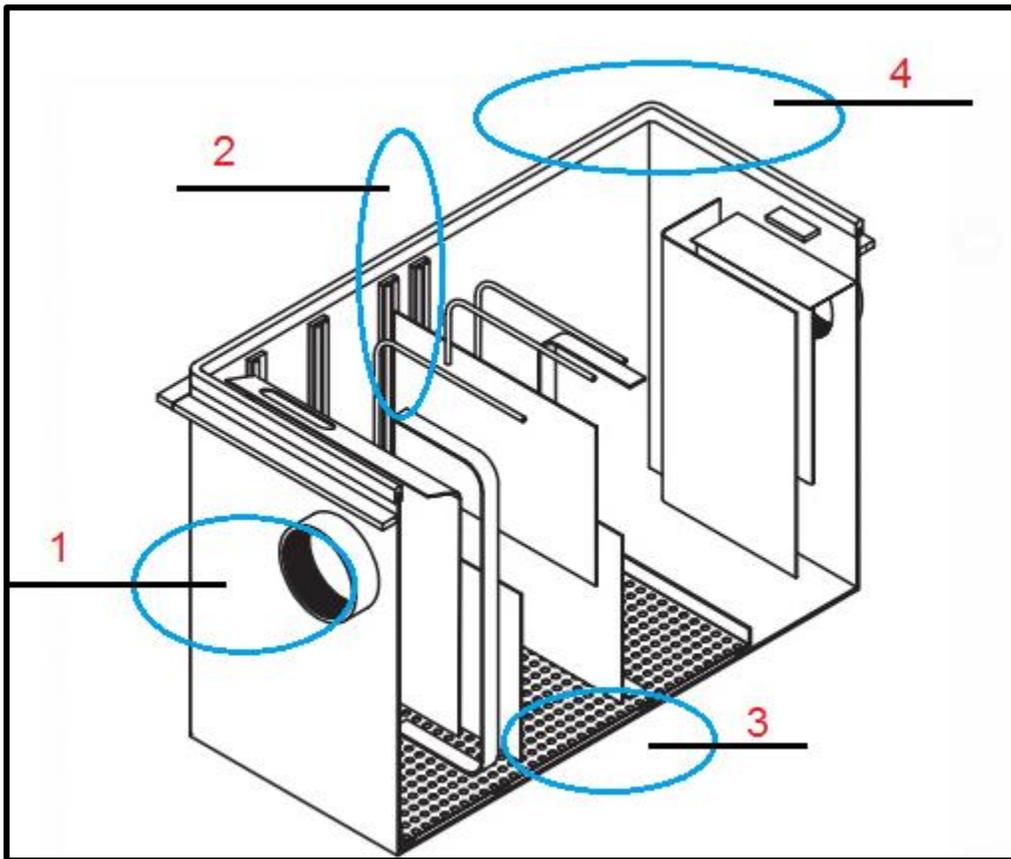


Figura 4.17 Desacoplamientos en la trampa de grasa

En la figura 4.18 se aprecian los siguientes apéndices:

1. En la soldadura de la interfaz de usuario de las placas
2. En la soldadura de la interfaz de usuario con la canastilla
3. Se puede crear un apéndice por la acumulación de moho en cualquier superficie de la trampa, se presentan generalmente en tuberías y en la periferia de las placas y en las canaletas.

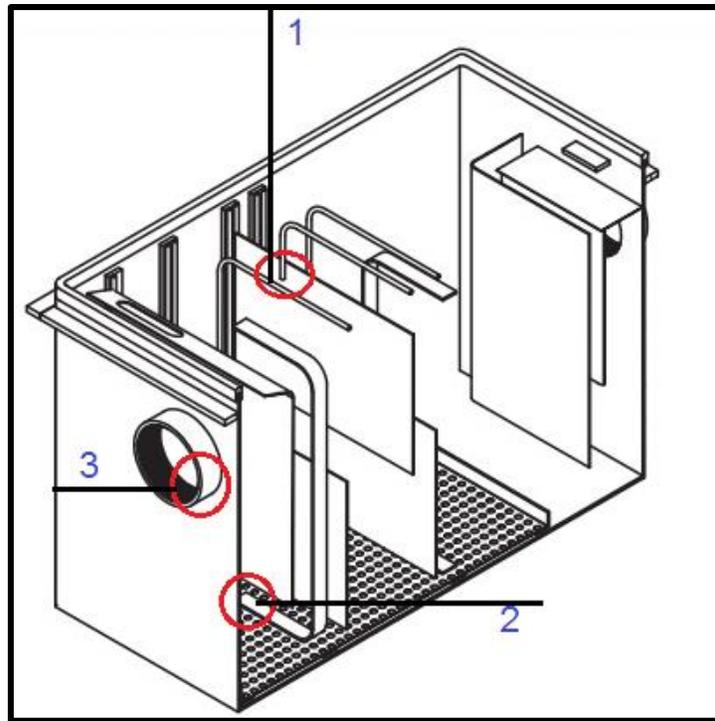


Figura 4.18 Apéndices en una trampa de grasa

La trampa de grasa presenta los siguientes agujeros en la arquitectura del producto, tal como se muestra en la figura 4.19:

1. En la tubería

2. Tornillo Allen No.6 en la tapa

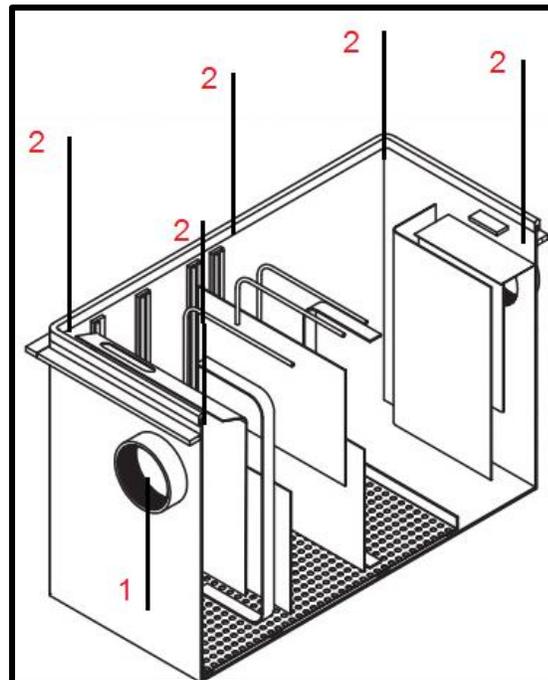


Figura 4.19 Agujeros en la trampa de grasa

En la figura 4.20, se muestra que la desinformación que presenta el producto es total, ya que, no viene una ficha técnica del producto, no hay manifiesto del fabricante, no hay manifiesto sobre el lugar de adquisición de las refacciones (Placas, tornillos, canastilla, etc...) y sobre todo sobre la entrada y salida del sistema.

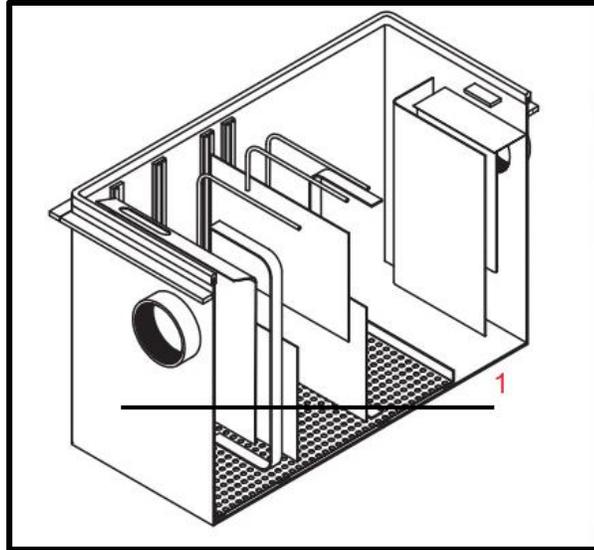


Figura 4.20 Desinformación en una trampa de grasa

#### **Criterios de diseño:**

Con base en los siguientes criterios, es posible descartar algunas partes de la configuración actual del producto.

- 1.-Debe ser de otro material
- 2.-Se tiene que mover
- 3.-Es un acceso
- 4.- Es un apéndice
- 5.-Crea complejidad
- 6.- Crea una zona vulnerable
- 7.-Rompe un desacoplamiento deseable

Las zonas vulnerables son aquellos medios de conexión que representan un riesgo en la unión, en la trampa de grasa presentada, tal como se muestra en la figura 4.21, se crea una zona vulnerable (Z.V) en el lugar que corresponde a los tornillos Allen, ya que, si algún tornillo se barre o queda prensado por el moho, complica el acceso al interior de la trampa.

También se crean zonas vulnerables en las interfaces de usuario en las placas y en la canastilla, ya que, si estas se rompen no se pueden extraer del interior de la trampa, tal como se muestra en la figura 4.21

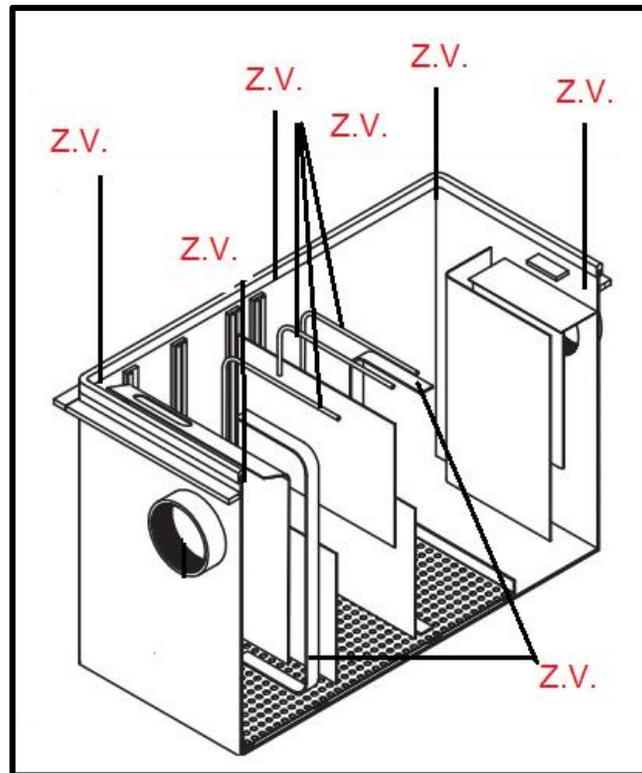


Figura 4.21 Zonas Vulnerables dentro de la trampa de grasa

Se crea otra zona vulnerable en las canaletas de acceso de las placas, ya que, si alguna de estas se dobla, las placas que funcionan como separación de los residuos no pueden ingresar al sistema, como se muestra en la figura 4.21

#### **Diagrama de Padres e Hijos:**

Con el propósito de mostrar la dependencia entre partes y sus conexiones, se realiza un diagrama de padres e hijos. Para el caso de la trampa de grasa, se muestra a continuación en la figura 4.22

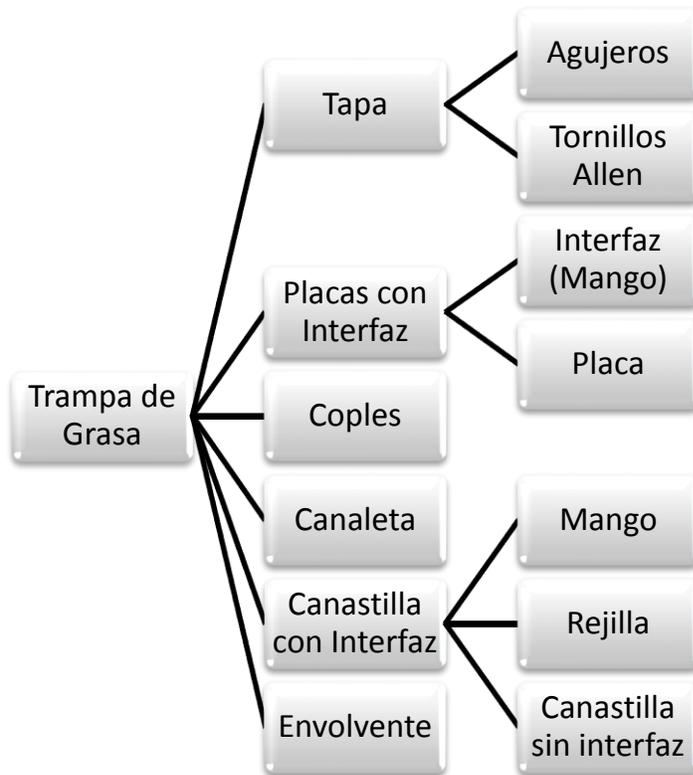


Figura 4.22 Diagrama Padres e hijos de una trampa de grasa

El nivel de complejidad que el producto presenta es 3, como prueba inicial se procedió quitando las placas de las canaletas y se experimentaron dificultades al extraer las placas durante el mantenimiento, lo cual, indica que el usuario no puede desacoplar el sistema de manera rápida. De acuerdo al resultado del análisis de la trampa de grasa, el resultado obtenido, se encuentra fuera del límite de complejidad, si se toman en cuenta los criterios H's analizados anteriormente el nivel de complejidad aumento un grado, quedando de nivel 4, como se indica en la figura 4.23

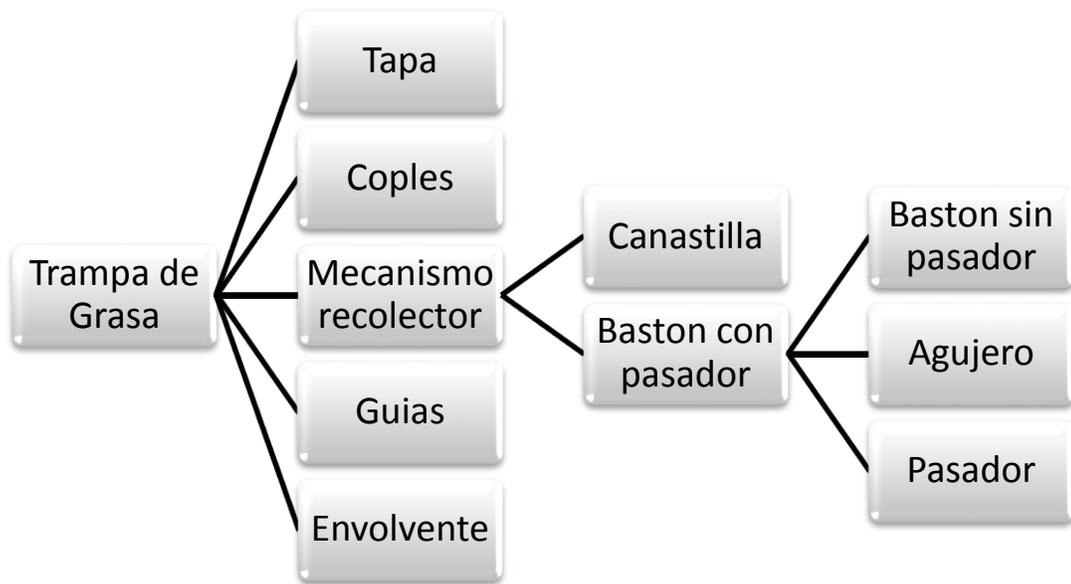


Figura 4.23 Diagrama de padres e hijos del resultado obtenido

### Funciones unitarias

El procedimiento para realizar el diagrama de interfaces del producto, está definido de la siguiente manera:

10. Aislar o definir el sub-ensamble a analizar.
11. Realizar un croquis del sub-ensamble, analizarlo incluyendo las vistas auxiliares.
12. Identificar partes externas e interfaces del ensamble, fuentes y sumideros.
13. Analizar parte a parte representando las interfaces y funciones unitarias.
14. Al diagrama se le agregan criterios de simplificación, se eliminan las "redundancias"
15. Redibujar el diagrama
16. Buscar nuevas redundancias
17. Cuando se llega a un sistema sin redundancias, nos representa un diagrama más simple y nos sirve como punto de partida como un menor costo, lo cual nos da un sistema de mayor desempeño.
18. Se analizan los criterios de claridad y uniformidad para las funciones unitarias, balanceando el sistema, lo cual nos da un sistema confiable.

Para el caso de la trampa de grasa el diagrama de funciones unitarias se muestra en la figura 4.24

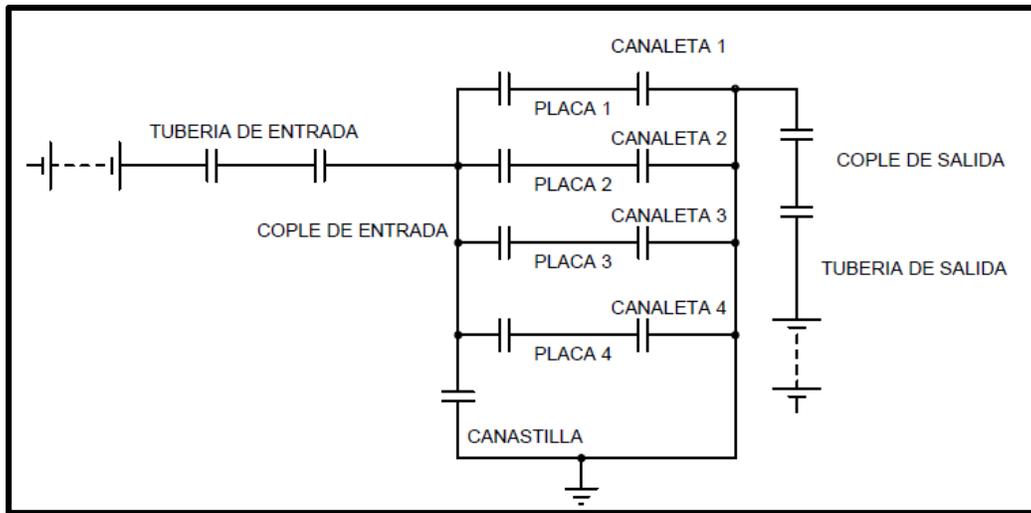


Figura 4.24 Diagrama de funciones unitarias de la trampa de grasa

Realizando las simplificaciones mencionadas en los criterios H's, el diagrama queda de la trampa de grasa re diseñada queda como se muestra en la figura 4.25

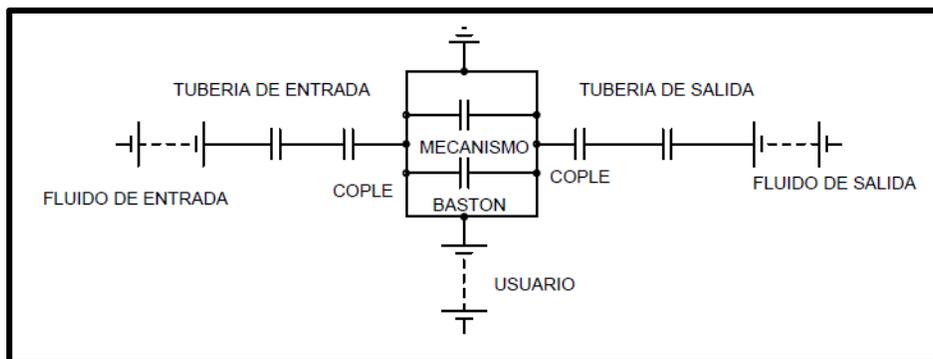


Figura 4.25 Diagrama de funciones unitarias de la trampa de grasa re diseñada

El mecanismo de recolección, está conformado por subsistemas, en la figura 4.6, se muestra el diagrama correspondiente al mecanismo de recolección.

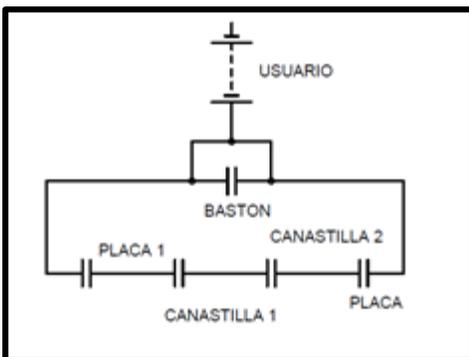


Figura 4.26 Diagrama del mecanismo de recolección de la trampa de grasa rediseñada

### Optimización de la complejidad de las partes:

La comparación entre las partes que componen a la trampa de grasa base (Tabla 4.8), y la trampa de grasa modificada (Tabla 4.9), se muestran a continuación.

	<b>Superficies</b>	<b>Aristas</b>	<b>Vértices</b>
<b>Tubería</b>	4	0	0
<b>Tapa</b>	13	12	8
<b>Placas</b>	9	8	8
<b>Canaleta</b>	12	12	12
<b>Canastilla</b>	3	8	8
<b>Cople</b>	2	0	0
<b>Envolvente</b>	4	16	8
<b>Total</b>	47	44	44

Tabla 4.8 Análisis de las partes de la trampa de grasa base

	<b>Superficies</b>	<b>Aristas</b>	<b>Vértices</b>
<b>Tubería</b>	4	0	0
<b>Bastón</b>	4	0	0
<b>Tapa</b>	13	12	8
<b>Placas</b>	8	8	8
<b>Guías</b>	6	8	8
<b>Canastilla</b>	3	8	8
<b>Cople</b>	2	0	0
<b>Envolvente</b>	4	16	8
<b>Total</b>	44	52	4

Tabla 4.9 Análisis de las partes de la trampa de grasa rediseñada

A continuación, en la tabla 5.0 se presenta la comparación del número de partes entre el diseño de la trampa de grasa base y el rediseño de la trampa

Tabla 5. Comparación de numero de partes entre el diseño original y el rediseño

Trampa Original		Trampa rediseñada	
#	Nombre	#	Nombre
1	Tubería	1	Tubería
2	Tapa	2	Tapa
3	Placas	3	Placas
4	Canaleta	4	Guias
5	Canastilla	5	Canastilla
6	Cople	6	Cople
7	Envolvente	7	Envolvente
		8	Bastón

En la figura 4.7 se muestran las partes del mecanismo, correspondientes al nuevo diseño de la trampa de grasa

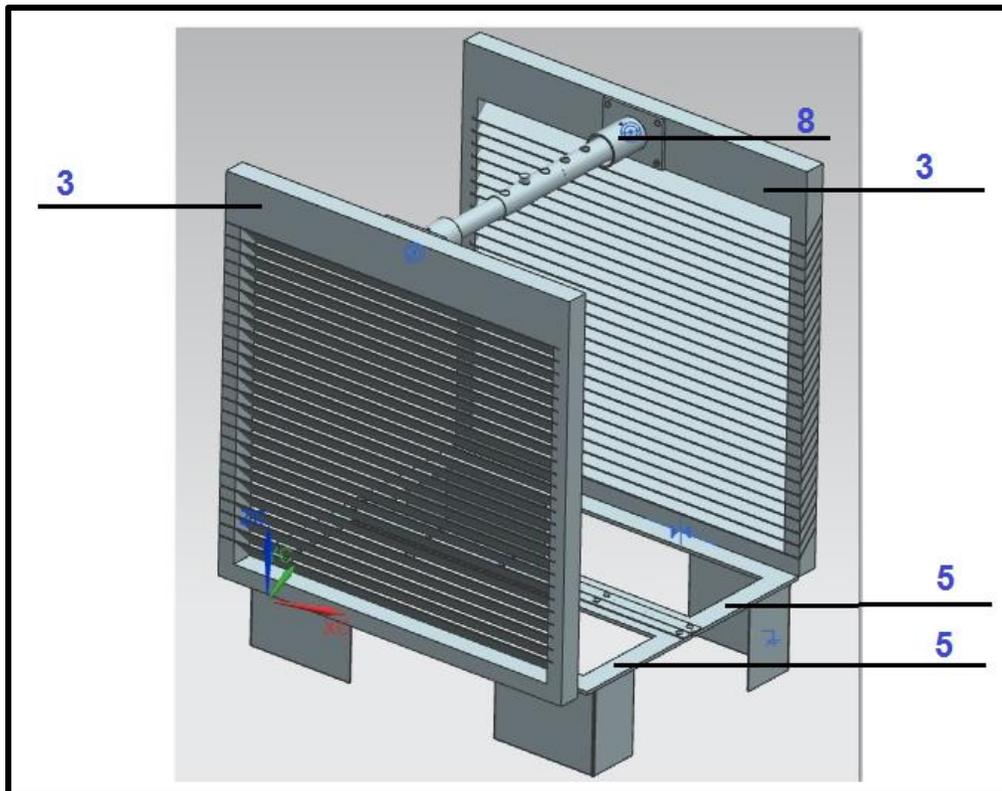


Figura 4.27 Análisis de las partes del mecanismo de recolección en la trampa de grasa

Uno de los parámetros más importantes que se deben comparar son los desacoplamientos, en la tabla 5.1 se comparan su transformación a través del proceso de diseño.

Tabla 5.2 Comparación de los desacoplamientos después del proceso de diseño

Desacoplamientos			
Trampa Original		Trampa rediseñada	
#	Nombre	#	Nombre
1	Tubería - Cople	1	Tubería - Cople
2	Tapa- Envoltente	2	Tapa- Envoltente
3	Canastilla- Piso	3	Mecanismo- Guías
4	Canaleta- Placa		

Una vez terminado análisis es posible definir el carácter de la solución como se muestra en la figura 4.28. En esta figura se observa el mecanismo de 2 GDL donde es visible el acoplamiento del bastón retráctil para un buen funcionamiento del dispositivo, esto debido a que ayuda a pasar de una distancia  $d1$  a  $d2$  y regresar a su misma posición aplicando la misma fuerza  $F3=Fim$ . Sin el bastón el sistema no sería capaz de sostenerse por sí mismo y tendería a manipularse con libertad y podría fallar fácilmente.

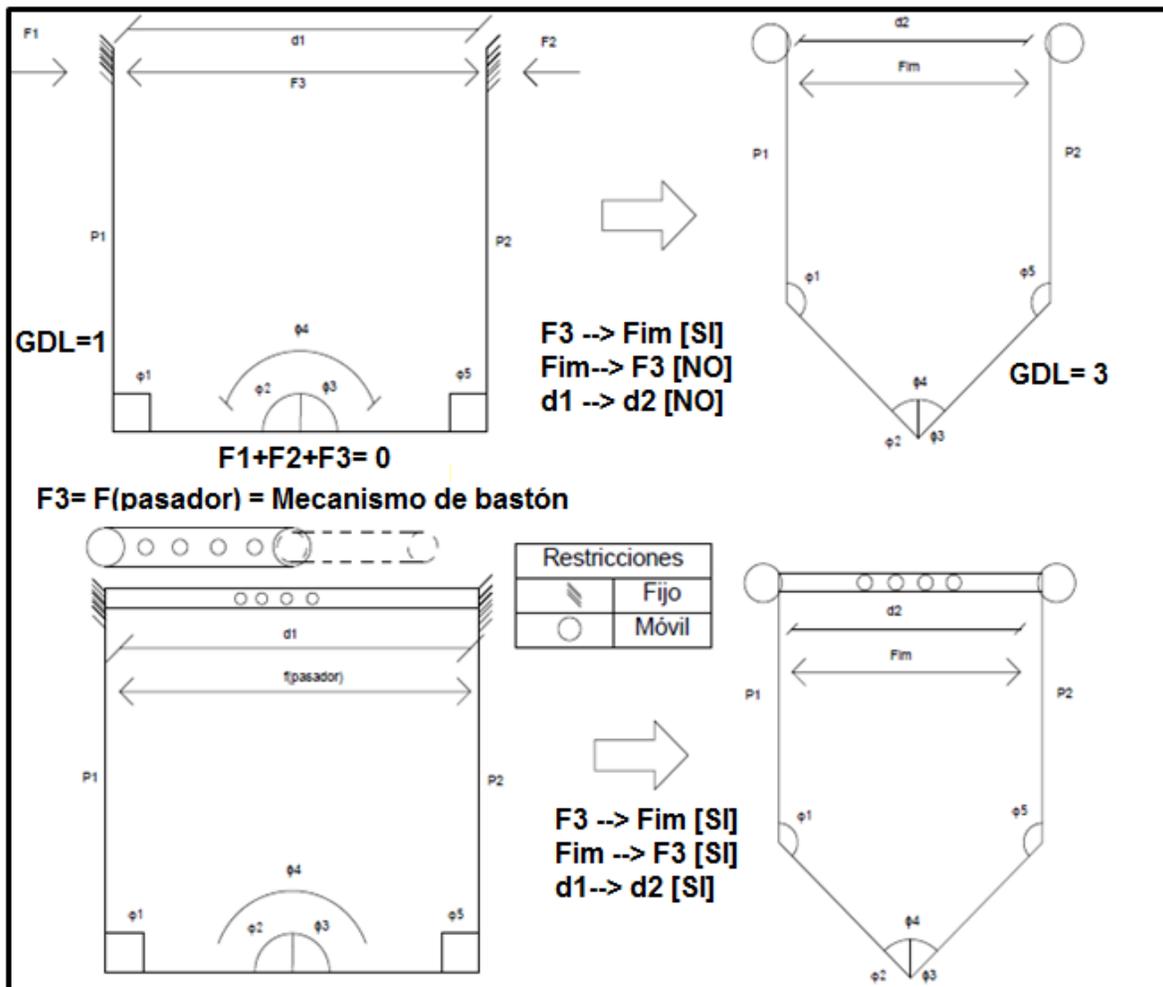


Figura 4.28 Solución final

### 4.3 Re-diseño

El nuevo diseño que parte del enfoque apodíctico ha llevado al desarrollo de una trampa de grasa con uso eficiente del espacio externo e interno, en donde los residuos son manejables dentro de la geometría interna, dicho diseño se adapta a una mejor y eficiente gestión de los residuos, al no esparcirse por la superficie de trabajo, de esta manera se logra un diseño que no compromete a ninguna de las necesidades de las generaciones futuras, en donde si los operadores y encargados de mantenimiento de estas trampas gestionan los residuos en los contenedores correctos, en comparación con una trampa del mercado, esta realiza un proceso para lograr la sustentabilidad, higiene y sanidad en las trampas de grasa de las cocinas de los restaurantes.

#### 1. Entendiendo el problema

A continuación se muestra la vista general de una trampa de grasa marca Coriat modelo IC-75, el cual se ha elegido por ser el más común en el mercado y en instalación de restaurantes en la figura 4.16 [Coriat, 2011].



Figura 4.29 Trampa de grasa modelo IC-75 marca Coriat [Coriat, 2011]

#### 2. Determinando las frustraciones, miedos y expectativas para el nuevo diseño. (Especificaciones)

Desarrollar un mecanismo que segregue los desechos de manera eficiente, respetando el principio de funcionamiento de una trampa de grasa, el sistema debe facilitar las

operaciones tanto para el operador como para el usuario, sin afectar el diseño del contenedor ni añadirle elementos adicionales.

### 3. Iniciando con soluciones existentes. (Punto de partida)

El interceptor de grasa IC-75 cuenta con un deflector y una mampara situada en los bordes del área de sedimentación, además posee a la entrada un direccionador de flujo que a su vez reduce la velocidad de las grasas y aceites. El interceptor puede apreciarse mejor en la figura 4.17.

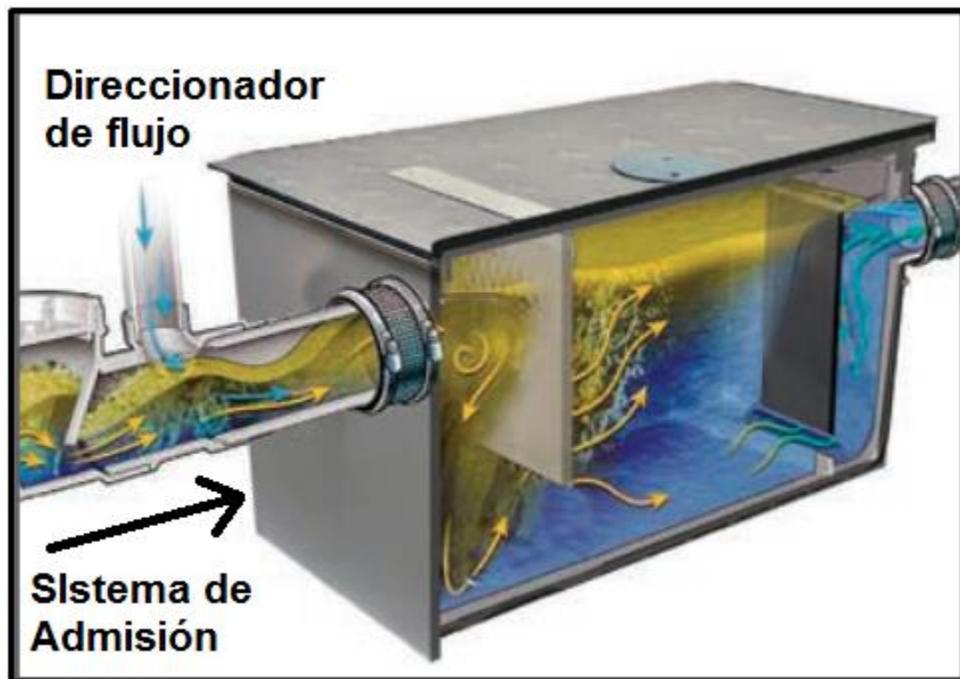


Figura 4.30 Vista al interior de una trampa de grasa Coriat modelo IC-75 [Coriat, 2011]

### 4. Incorporando soluciones

Visualizando la trampa de grasa marca Coriat se observa que el área de sedimentación no segrega de manera eficiente los desechos, ya que, hay sólidos que se suspenden fácilmente y se incorporan a la salida a través de la mampara tapando la línea de tuberías y como consecuencia se inicia la acumulación de moho y presencia de sulfuro de hidrogeno causante de la corrosión y descomposición de la materia orgánica.

Al momento de realizar la visita y mantenimiento correctivo a una trampa de grasa de un restaurante de comida libanesa, se identificó el tipo de trampa y el modelo: Helvex modelo IG-40 con capacidad de 20 GPM como el mostrado en la figura 4.18 , comparando con los mantenimientos anteriormente realizados, se hace notar que esta trampa cumplía con mucha mejor eficiencia la segregación de sus desechos, dado su

reductor de velocidad, las dos mamparas soldadas y su canasta para sedimentos sólidos, características que hacían ver al interceptor como una solución probada y estéticamente agradable.

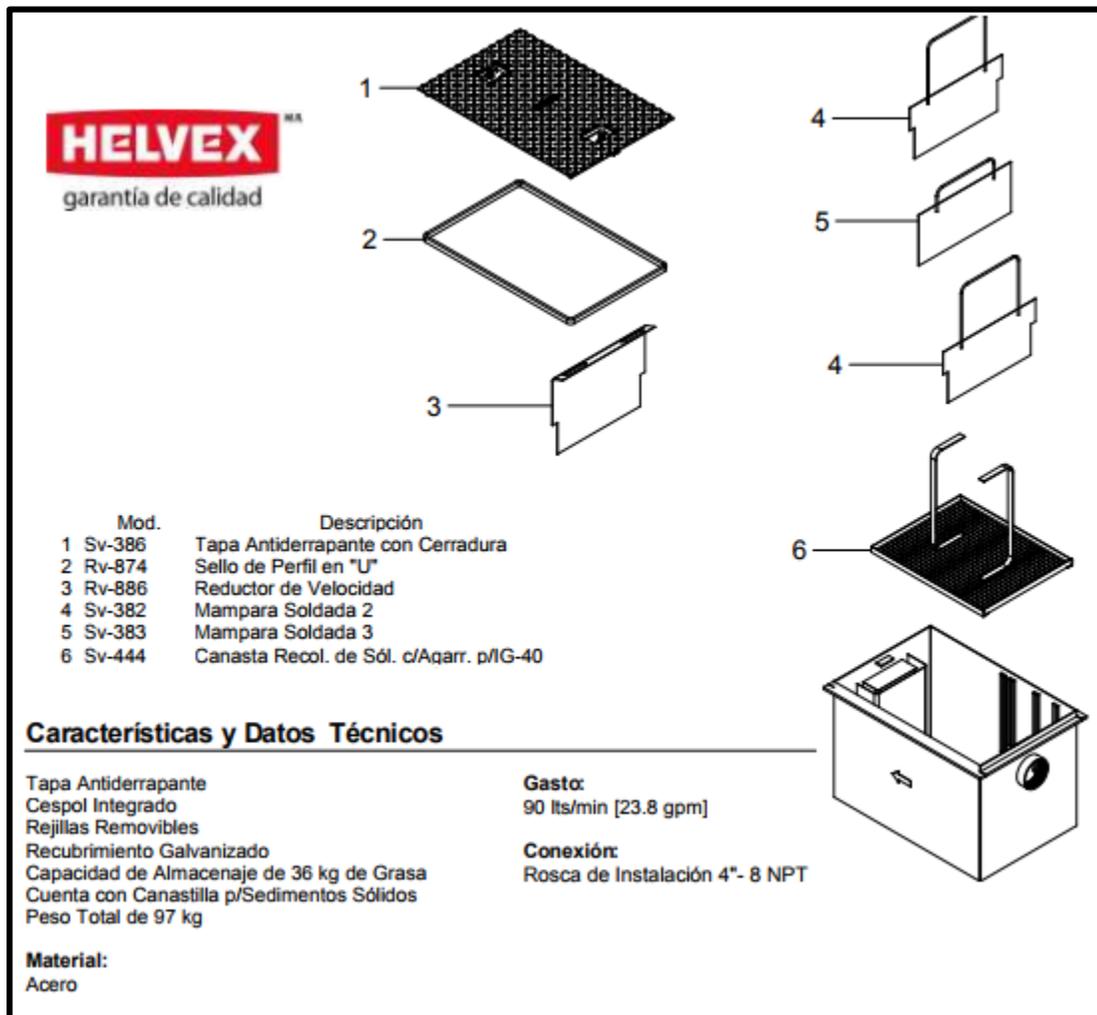


Figura 4.31 Ficha técnica trampa de grasa modelo IG-40 marca Helvex

### Definiendo especificaciones de diseño

Con base en los dos ejemplos presentados anteriormente, uno de los elementos a tomar en cuenta para el diseño es cubrir el área de sedimentos sólidos con un mecanismo que abarque todos los accesorios de la trampa de grasa con el objetivo de segregar de manera eficiente los desechos, respetando el principio de funcionamiento.

## 5. Eliminando razones de falla y desarrollando el carácter de solución.

Deficiencia 1: En la figura 4.19 se observa el acumulamiento de moho en las guías y una fractura por fatiga originada con el paso del tiempo al realizar el mantenimiento mostrando la fragilidad del material.

Pregunta 1: ¿Cómo remplazar las guías que mantienen firme los accesorios de la trampa de grasa?

Deficiencia 2: Al hacer el mantenimiento preventivo de la trampa de grasa marca Helvex modelo IG-40 de un restaurante de comida libanesa, se observa que des ensamblar el dispositivo es difícil, ya que, al extraer los accesorios del dispositivo mostrados en la figura 4.20, estos se atorán con el moho acumulado en las guías.

Pregunta 2: ¿Cómo hacer que interactúen todos los accesorios entre sí para formar un mecanismo?



Figura 4.32 Guía fracturada y moho acumulado

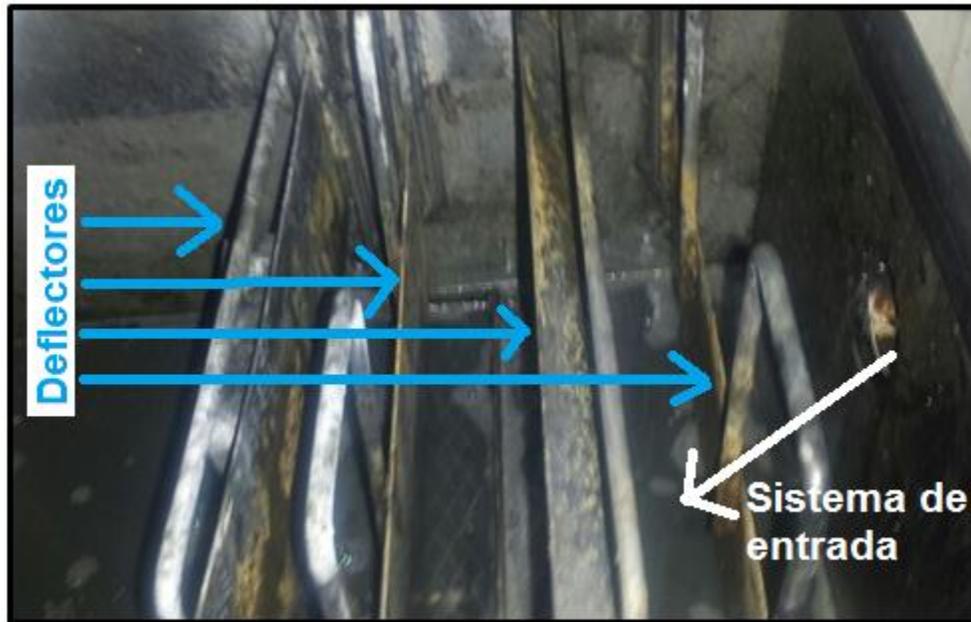


Figura 4.33 Accesorios de trampa de grasa marca Helvex modelo IG-40

Deficiencia 3: De la misma forma al realizar el mantenimiento del interceptor fue difícil extraer la canastilla retenedora de sólidos debido a que el desecho orgánico y la presencia de moho impedían la salida y en ocasiones se queda estancada con el área de sedimentación, como se explicó anteriormente mostrada en la figura 4.19.

Pregunta 3: ¿Cómo evitar que se estanque la canasta con el área sedimentable?

## 6. Desarrollando el carácter de la solución

**Solución 1.** A partir del análisis descrito en la sección anterior del diseño de un mecanismo de 2GL, el cual incluía todos los accesorios del interceptor y a su vez se mantenga por sí mismo sin la necesidad de un riel. Se creó la canastilla retenedora de sólidos con la ayuda de un software de diseño, donde se le dieron medidas y carácter a la solución.

Para reemplazar las guías que detienen las mamparas y deflectores de la trampa de grasa marca Helvex, se utilizó una bisagra, la cual se incorporó una canastilla doble visualizada de mejor forma en los eslabones 1 y 5 de la figura 5.1. En consecuencia este dispositivo hará la función de retener los sólidos sedimentables en la canastilla mostrada en la figura 6.1, con el fin de que el desecho orgánico quede atrapado al momento de actuar el iniciar el dispositivo. Este artefacto a su vez fue adaptado a los deflectores por los extremos a través del mismo método.



Figura 4.34 Canastilla recolectora de solidos

### **Solución 2**

Respetando el concepto de simplicidad se redujo el número de accesorios de la trampa de grasa ya que no resulta indispensable tener tantos artefactos puesto que con 2 se cumple el propósito para el cual fue creada una trampa de grasa, como lo hace el interceptor de grasa marca coriat modelo IC-75.

Se diseñó un deflector con canaletas manufacturadas de lámina negra a  $45^\circ$  con una pequeña pestaña a  $90^\circ$ . En cada una de ellas con el fin de lograr un óptimo direccionamiento de flujo y mantener las grasas y aceites respectivamente en cada uno de los deflectores, con el fin de dar lugar al principio de separación por flotación (diferencia de densidades), el artefacto puede apreciarse mejor en la figura 4.22.



Figura 4.35 Deflector Manufacturado

Los deflectores fueron acoplados a la canastilla retenedora de sólidos por medio de bisagras para desarrollar el mecanismo mostrado en la figura 4.23 y respetando el concepto de unidad mantenemos las proporciones y la participación de los accesorios en la solución del diseño el concepto de dicha solución puede observarse con más claridad tomando como referencia los eslabones 2 y 4 de la figura 5.1, también presentan divisiones cada 2 cm, lugar en donde se alojaran las grasa y aceites dadas las fuerzas de arrastre del fluido con residuos.

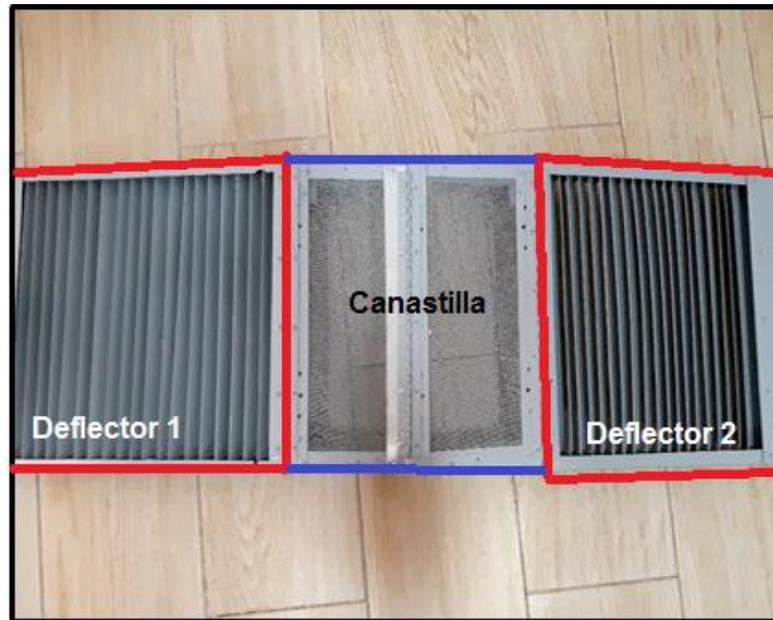


Figura 4.36 Vista superior y expansión del sistema de acoplamiento de deflectores con canastilla retenedora de sólidos

Pensando en la ergonomía del producto con usuario, la geometría del dispositivo y los parámetros limitantes de ubicación de la trampa de grasa, se logró diseñar una solución completa que logra mantener firme el mecanismo, a través de un bastón retráctil de aluminio, como se muestra en la figura 4.24, cortado a la medida con un diámetro de medidas mostradas en la figura 4.15 y modelado en software como se muestra en la figura 4.25



Figura 4.37 Bastón retráctil que permite la salida del mecanismo

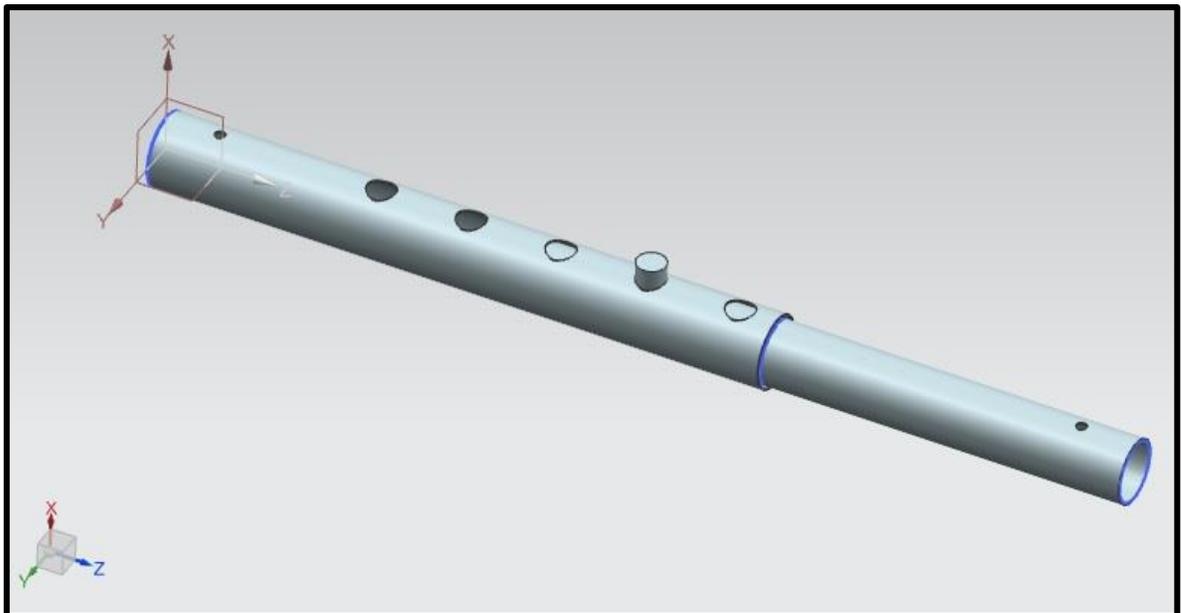


Figura 4.38 Diseño en CAD del bastón retráctil

Dados los parámetros de diseño encontrados en el proceso, en el software de diseño se modeló una solución para ensamblar el bastón retráctil al mecanismo, posteriormente fue necesario adherir coques de una pulgada a los deflectores por medio de remaches (figura 4.26 y 4.27). Para fijar el dispositivo a los coques se utilizaron tornillos de  $1 \frac{1}{2}$  pulgada, esto con la finalidad de utilizar refacciones en todos los accesorios al finalizar su vida útil.

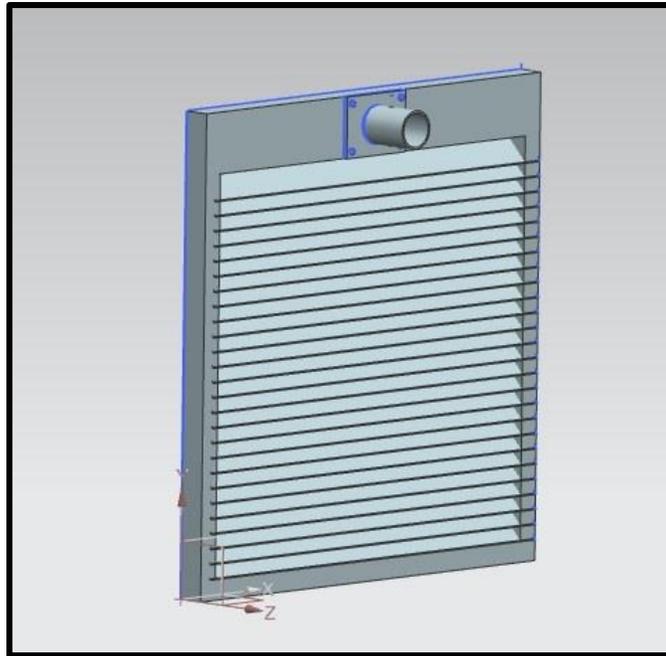


Figura 4.39 Modelado en CAD de cooples acoplados al deflector



Figura 4.40 Vista lateral de lo cooples reales para adaptación del bastón retráctil

Una vez manufacturado el ensamble del bastón al mecanismo (figura 4.28) se obtuvo una mayor solidez y libertad de movimiento en el mecanismo, además el sistema realiza una función de interfaz con el usuario al momento de reducir el tamaño del bastón y permitir la liberación del dispositivo con una sola mano dando como resultado una mejora en el tiempo de mantenimiento, lugar de mantenimiento y gestión de los residuos, por lo cual es una solución eficaz a las necesidades actuales.



Figura 4.41 Vista superior del bastón retráctil soldado al sistema de canastilla y deflectores

### **Solución 3:**

Para evitar que la canastilla se estanque con el área sedimentable al momento de operar se tomó la decisión de suspender 7.5 cm el mecanismo, con la finalidad de que los sólidos no se adhieran con el contenedor y se escurran, permitiendo un mayor flujo, esta solución se modeló en el CAD (unigraphics Nx 10) usado con fines académicos para el diseño (figura 4.29).

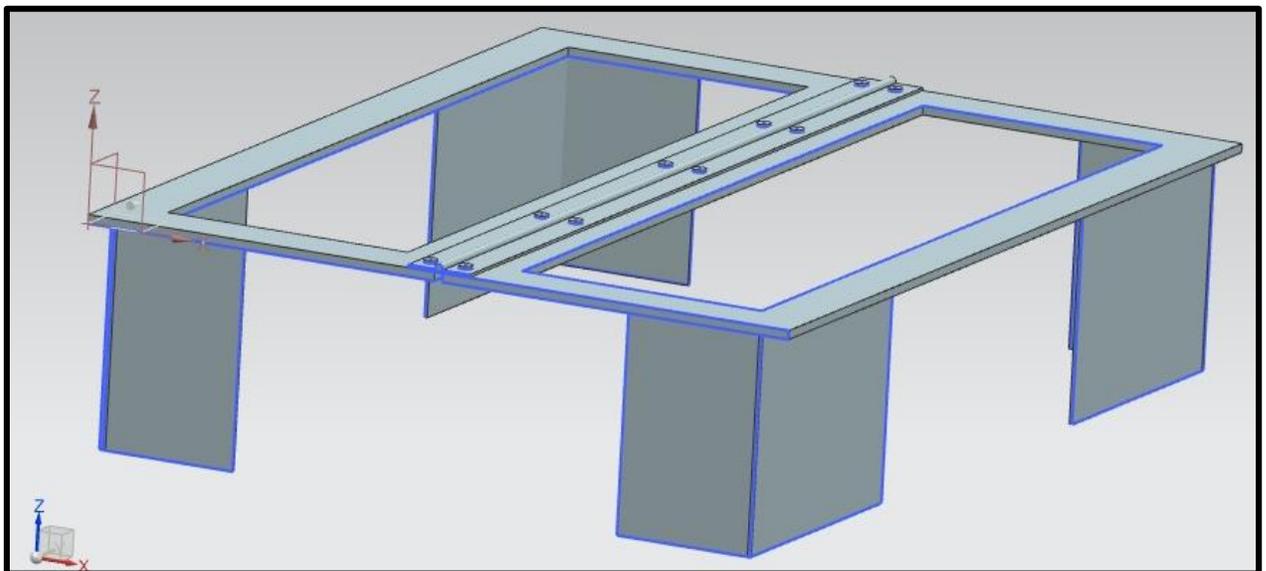


Figura 4.42 Diseño de la canastilla suspendida a través de NX 10

## 7. Determinando el grado de homeostasis de la plataforma

El mecanismo se encuentra suspendido 7.5 cm por arriba del área sedimentable, con lo cual surge la pregunta: ¿Cómo re direccionar el flujo por encima del dispositivo?

Para ello mediante el software de diseño anteriormente mencionado, se modeló un artefacto al cual llamaremos rampa integral, mostrado en la figura 4.30, el cual se manufacturó utilizando lámina negra calibre 20 para su diseño a través de una dobladora con la cual se le dio forma. Este artefacto tiene como propósito dirigir el agua residual limpia de grasas y aceites (GAR) hacia arriba por el conducto de desagüe para que fluya por salida del sistema de escape de la trampa de grasa.

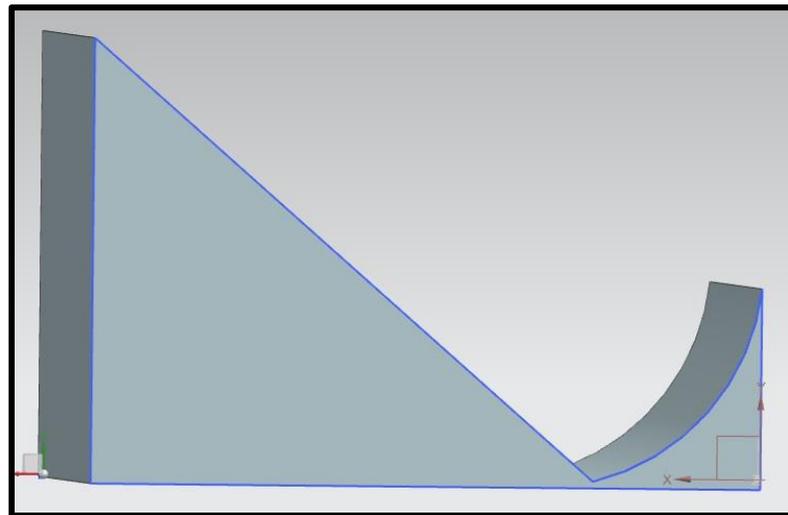


Figura 4.43 Diseño de una rampa integral en el software de diseño

## 8. Detallando el sistema

En la siguiente figura 4.31 se muestra una vista isométrica del mecanismo terminado, el cual es un conjunto de canastilla (parte inferior), deflectores (partes laterales) y bastón retráctil que permite el movimiento necesario para la salida de los residuos.



Figura 4.44 Mecanismo interno de la trampa de grasa

## 9. Resultado final

Una vez terminado el proceso de diseño, y verificar que el diseño se adapte a los parámetros necesarios resultantes de la investigación de campos, se muestra el resultado desde una vista superior en la figura 4.5



Figura 4.45 Vista superior del mecanismo resultante, al interior de la trampa de grasa

El flujo de los GAR dentro de la trampa de grasa diseñada se puede observar en la figura 4.33 la cual fue realizada mediante un software de diseño.

El flujo de los GAR y agua proveniente del lavavajillas del restaurante, entra por el interceptor (sistema de admisión) y es direccionado por un deflector a  $315^\circ$  hacia abajo, lo cual permite una función de reducción de velocidad. Una vez que las GAR entran al sistema de sedimentación estas comienzan a separarse por principio de flotación (diferencia de densidades), la manera en que lo hacen es debido a que las partículas o glóbulos de grasa, por ser más ligeras que el agua se juntan y flotan dirigiéndose hacia arriba (acumulación de grasa retenida).

Por otra parte los desechos sólidos por ser más pesados que el agua se van al fondo. La efectividad del sistema de separación aumenta una vez que el flujo golpea el segundo deflector que tiene una inclinación de  $45^\circ$  dirigiendo lo que resta de los GAR y agua hacia arriba, así mismo el agua residual limpia de grasas y aceites es dirigida través de la rampa integral a un conducto a la salida del interceptor (sistema de escape).

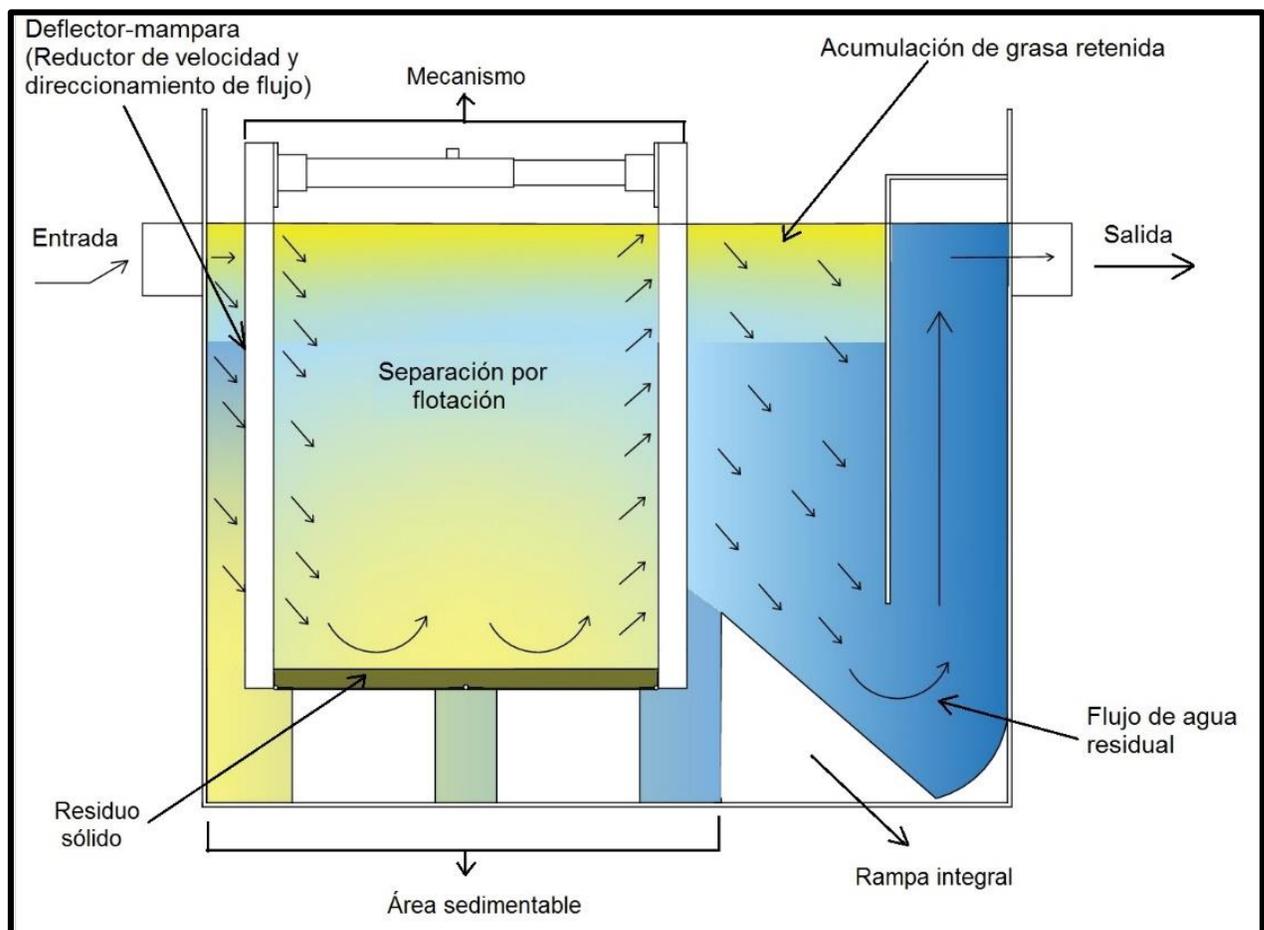


Figura 4.46 Funcionamiento de la trampa de grasa diseñada

A continuación se mostrara el principio de funcionamiento del mecanismo de 2 GDL de la figura 4.15, el cual se acciona cuando se requiere dar mantenimiento a la trampa de grasa, este actúa reduciendo el tamaño del bastón retráctil para una mayor libertad de movimiento dentro del contenedor, el dispositivo se eleva, mediante una fuerza hacia arriba aplicada por el operador y al mismo tiempo es agitado para que los GAR queden alojadas en el área de sedimentación y puedan limpiarse con mayor facilidad. Después se procede a sacar de la trampa y el desecho orgánico es alojado en bolsas especiales para su disposición final. El sistema se acciona una vez que se remueve la grasa retenida en el nivel de fluido presente en la trampa de grasa en estado transitorio, por último se limpian las paredes del contenedor. (Figura 4.34).

Posteriormente se muestra la interacción real del mecanismo en la trampa de grasa en la manera en que deberá de realizarse durante el mantenimiento preventivo ilustrado en la figura 4.35.

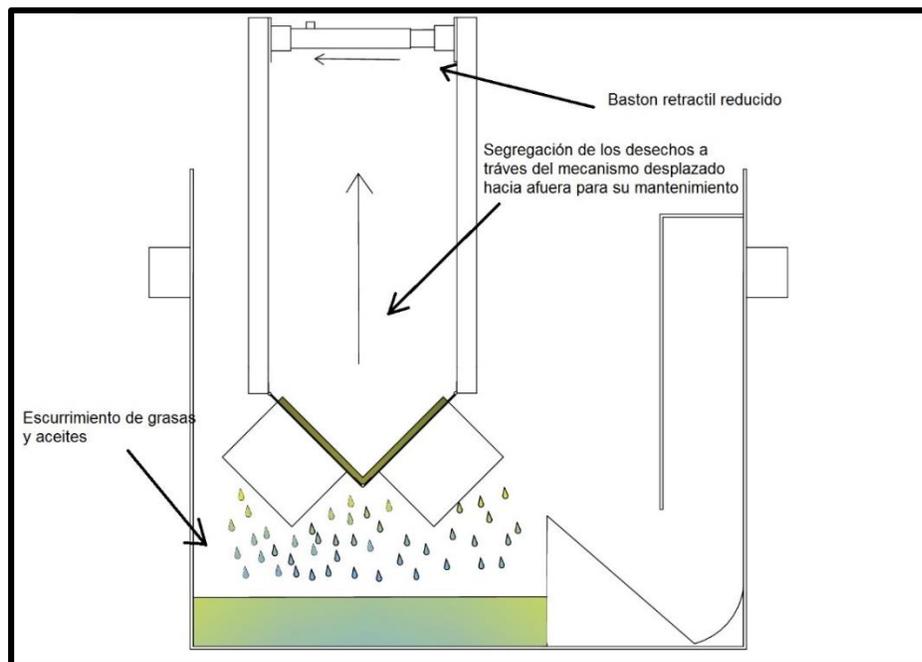


Figura 4.47 Funcionamiento del mecanismo diseñado al momento de realizar el mantenimiento correspondiente.



Figura 4.48 Salida del mecanismo del interior de la trampa de grasa

A continuación se presentan los planos del contenedor y del mecanismo de acuerdo a como se presentaron en la norma PDI y en la metodología de diseño (figura 4.36 a figura 4.40).

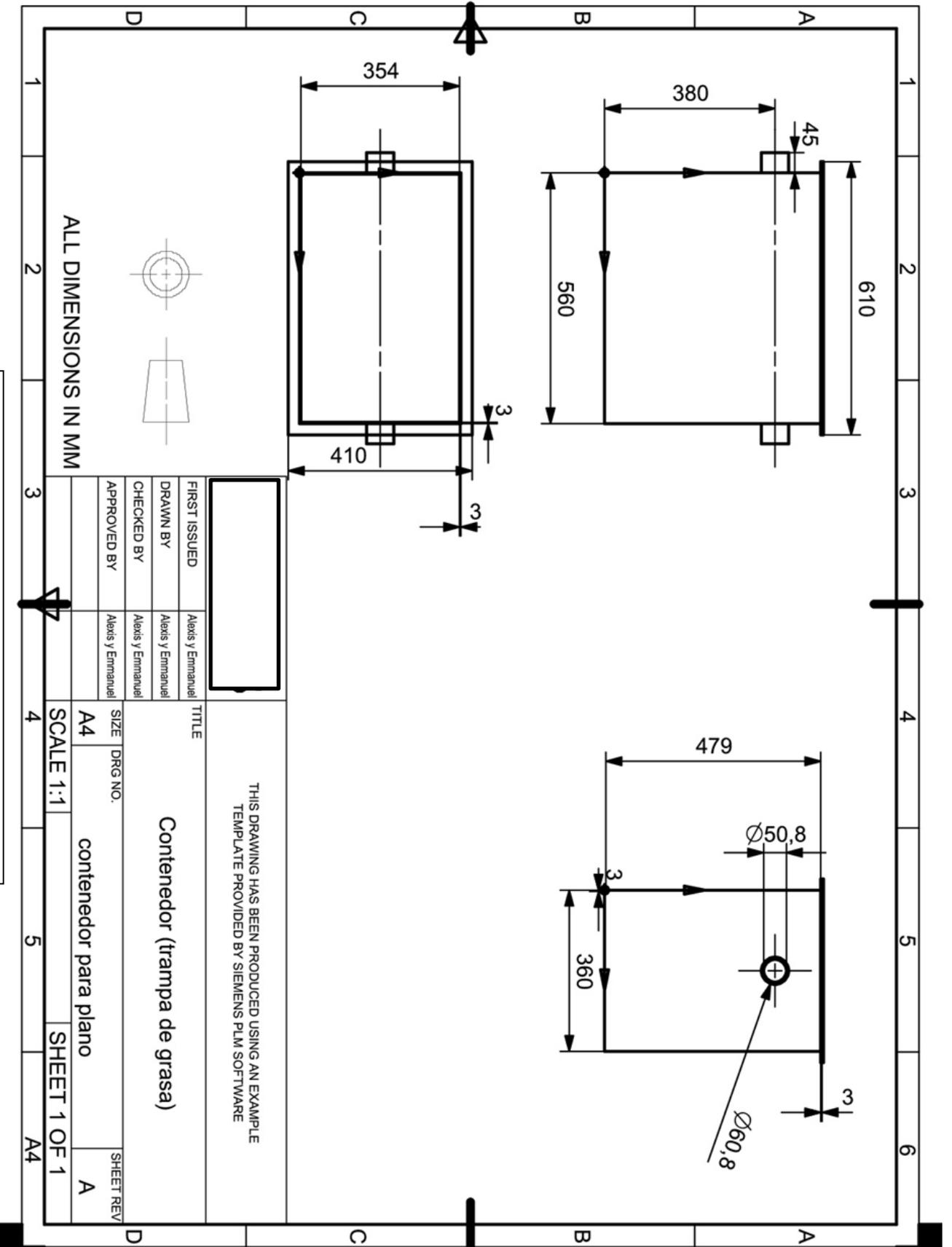


Figura 4.49 Vista lateral de la trampa de grasa



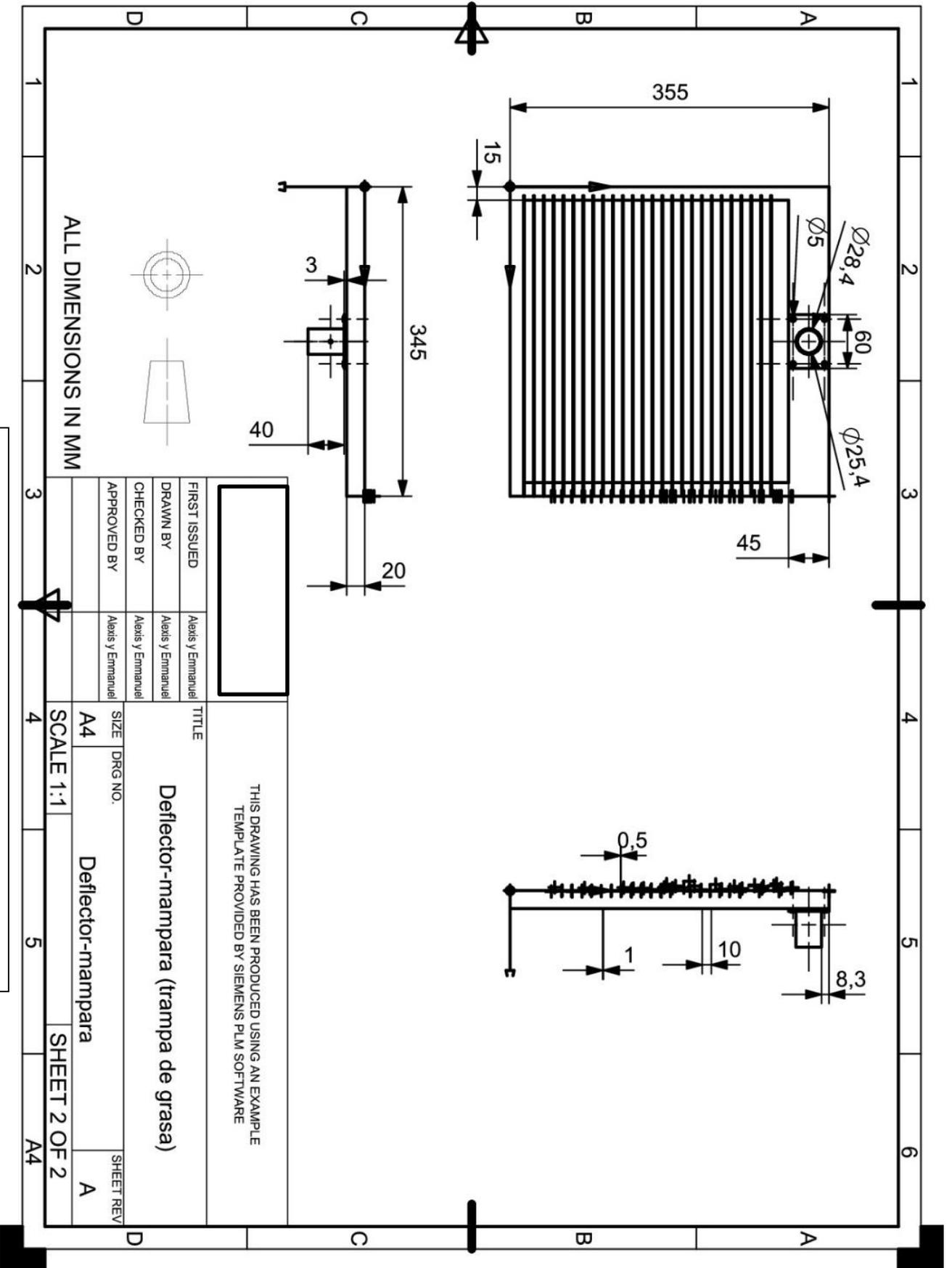


Figura 4.51 Vista frontal del deflector de la trampa

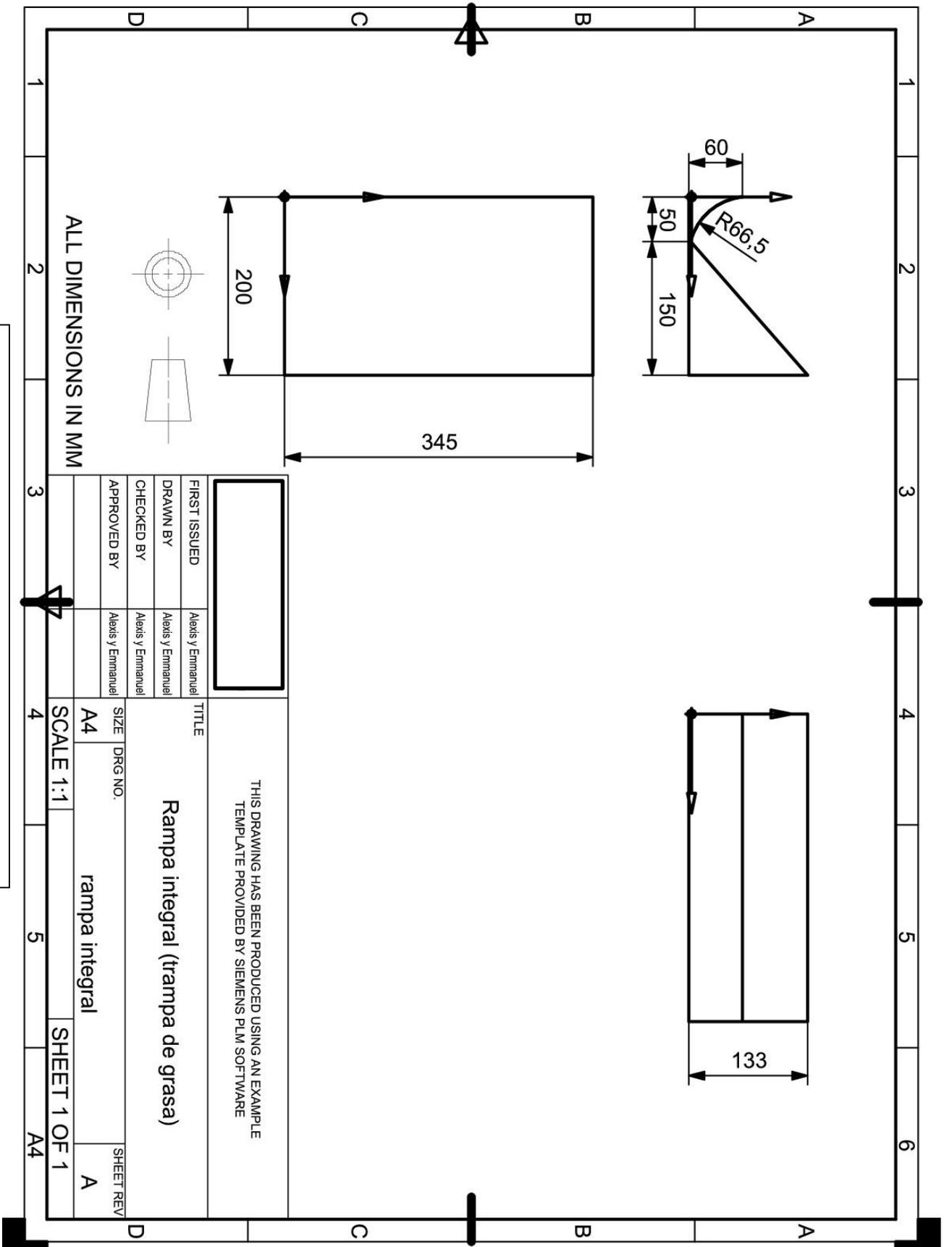


Figura 4.52 Vista lateral de la rampa integral

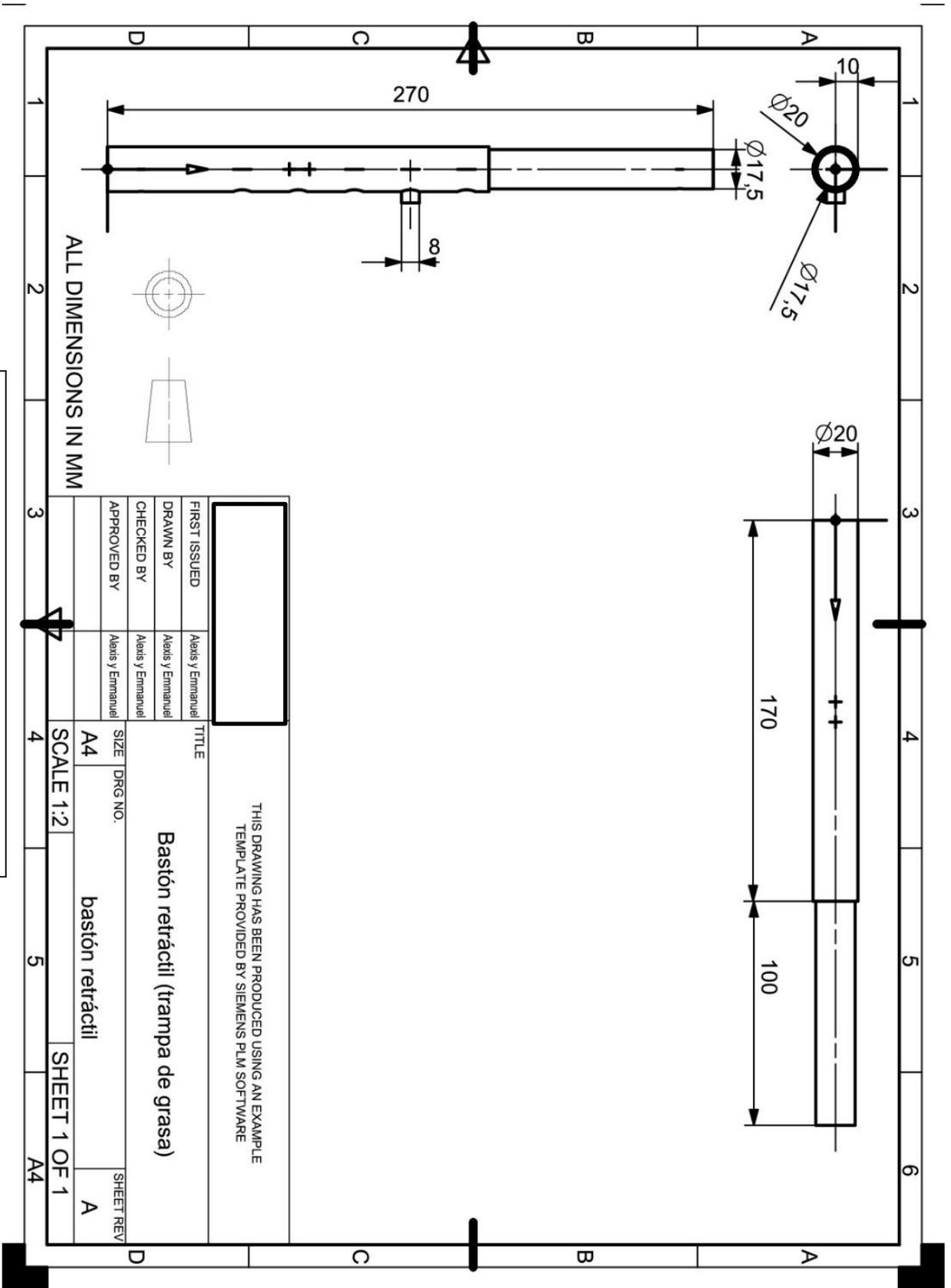


Figura 4.53 Vista lateral del bastón retráctil

#### 4.4 Diagrama de la doble hélice

La manera en que se puede consolidar el modelo AE-93, representa una importante reinterpretación de lo que se ha considerado tradicionalmente como el proceso de diseño. Para los fines del enfoque apodíctico se ha decidido adoptar las tres fases que pueden identificarse en el presente trabajo y adoptarlas como las tres tareas principales que se realizan con el producto para llevarlo a su estado de consolidación: Simplificar, blindar y estandarizar. Por otro parte para enfocar más a detalle los requerimientos del usuario se traslada esto al proceso de la doble hélice.

Para incorporar las consideraciones del usuario, se incorporan al diagrama de la doble hélice usando para denominarlos palabras que representan de la mejor manera posible la intensidad de la etapa correspondiente, incluyendo las siguientes: Valorizar, sorprender e integrar. El diagrama del proceso se presenta inclinado hacia la derecha para indicar que al avanzar se va progresando y se añaden los puntos de captura de valor o compuertas del proceso, quedando finalmente como se indica en la figura 4.41

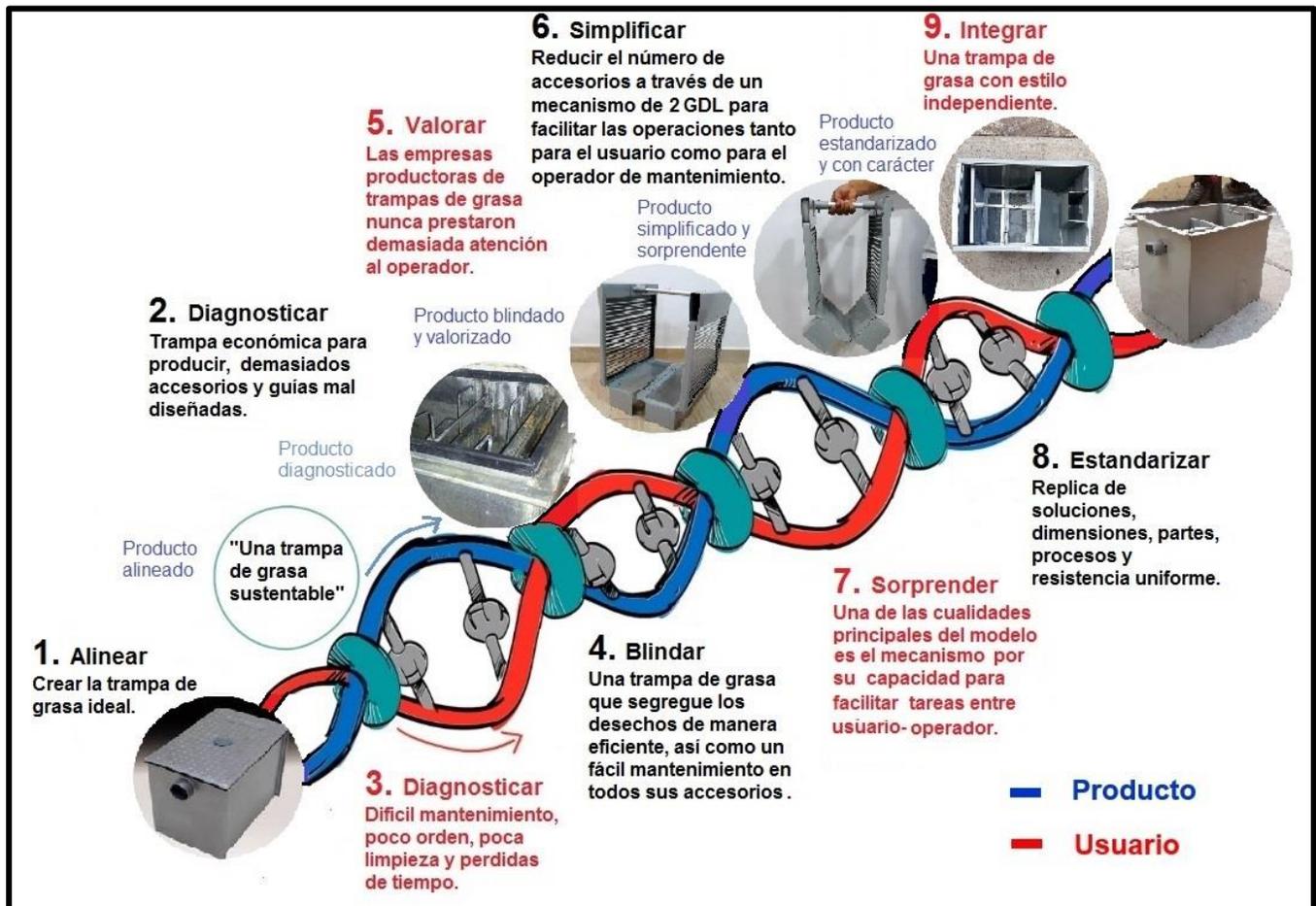


Figura 4.54 Diagrama de la doble hélice de la trampa de grasa diseñada

## **4.5 Determinación de los parámetros**

Los factores de los cuales dependen las proporciones del interceptor se muestran a continuación:

### **4.5.1 Tiempo de retención**

El tiempo de retención es la cantidad de tiempo que tarda una partícula de efluente en viajar por el sistema y descargarse fuera del interceptor. Es un factor crítico en la eliminación de una cantidad adecuada de GAR. Las aguas residuales que entran en un interceptor requieren cierto tiempo para que se produzca la separación por gravedad de GAR. Por lo tanto, el diseño de un interceptor para maximizar el tiempo de retención es el factor más importante en su eficacia.

### **4.5.2 Flujo**

El flujo de aguas residuales y los tiempos de retención son inversamente proporcionales. Cuanto mayor sea el caudal, menor será el tiempo de retención.

### **4.5.3 Concentración**

La fuerza de los residuos efluentes es otro factor importante. Un interceptor eficaz debe ser lo suficientemente grande como para acumular una cantidad significativa de grasa sin afectar la efectividad de retención, pero este no debe ser el factor de tamaño predominante, ya que las frecuencias de limpieza deben tenerse en cuenta.

### **4.5.5 Frecuencia de bombeo**

El tamaño debe ser suficiente para optimizar la limpieza y las bombas (para reducir los costos de operación del propietario).

### **4.5.6 Química**

Las temperaturas de las aguas residuales y los químicos emulsionantes afectan la velocidad a la que las grasas y los aceites se separarán de las aguas residuales. Por lo tanto, los interceptores deben ser lo suficientemente grandes para actuar como un disipador de calor, dando nuevo afluente el tiempo para enfriar, mientras que los emulsionantes tiempo para liberar sus enlaces químicos en grasas y aceites [NPCA, 2000].

Gravedad específica de grasa/aceite en aguas residuales: 0.9 (promedio)

Temperatura de las aguas residuales y mezcla de aceite: 20 °C (promedio)

### **4.5.7 Dimensionamiento**

Método de calibrado basado en el tamaño del diámetro de la tubería y la pendiente.

Cuando no se conozca la configuración final en una instalación o se prevean instalaciones adicionales en el futuro, se utilizará este método ilustrado en la tabla 4.7, en este caso, el diseño tiene una entrada y salida por una tubería de 2 pulgadas por lo cual el interceptor en teoría tendría que ser de 20 GPM ver tabla 4.7

Tabla 4.7 Método de calibrado según el tamaño y la pendiente del diámetro de la tubería [PDI, 2010]

Tamaño de la tubería (pulgadas)	Flujo completo de tubería @ ¼ cuesta abajo	Interceptor de 1 minuto de drenaje	Interceptor de 2 minuto de drenaje
2"	19.44 gpm	20 gpm	10 gpm
3"	58.67 gpm.	75 gpm	35 gpm
4"	125.77 gpm	-	75 gpm

La figura 5.3 muestra la sección transversal de una trampa de grasa y sus variables.

**Longitud:** 0.56 m

**Entrada/salida:** 2 in

**Ancho:** 0.36 m

**Volumen=** (longitud) (ancho) (alto)= (0.56 m) (0.36 m) (0.485 m) = 0.097776 m<sup>3</sup>

**Alto:** 0.485 m

**Profundidad o nivel de líquido:** 0.38 m

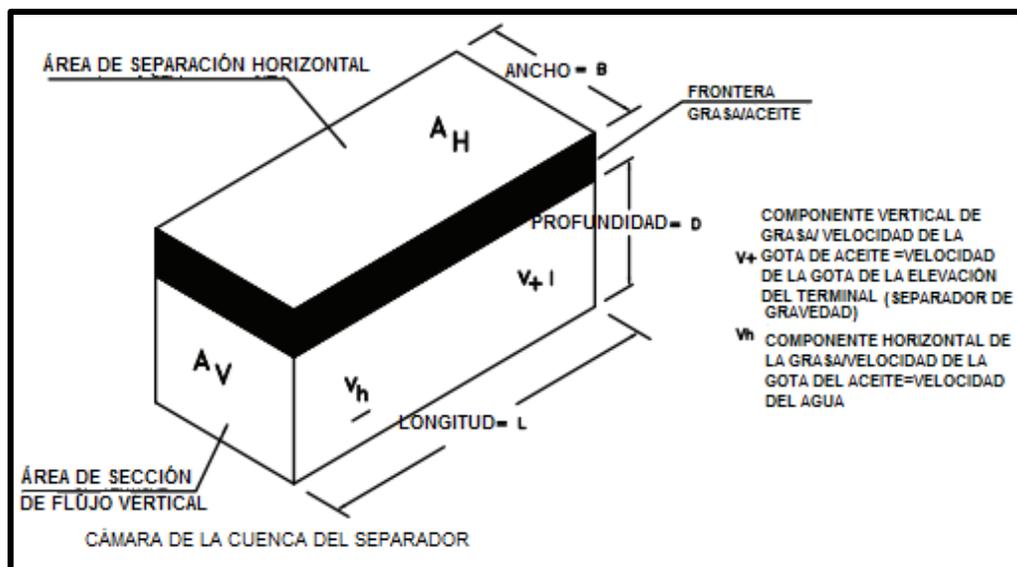


Figura 4.55 Sección transversal de un interceptor de grasa [ASPE, 2017]

## Procedimiento para clasificar los Interceptores de Grasa

En la norma PDI G101 se estandarizo el procedimiento para clasificar los interceptores de grasa, a continuación en la tabla 4.8 se alistan los pasos a seguir que utilizamos para diseñar una trampa de grasa.

Tabla 5.4 Procedimiento para clasificar los interceptores de grasa [PDI, 2010]

Pasos	Formula	Ejemplo
1	Determine el contenido cúbico del aparato. Multiplicar la longitud x ancho x profundidad.	$(0.56 \text{ m}) (0.36 \text{ m}) (0.485 \text{ m}) = 0.097776 \text{ m}^3$
2	Determine la capacidad en galones. 1 galón = 231 pulgadas cúbicas.	$\frac{5966.65}{231} = 25.82 \text{ galones}$
3	Determine la carga real de drenaje. El aparato se llena normalmente hasta aproximadamente el 75% de su capacidad con agua. Los artículos que se están lavando desplazan alrededor del 25% del contenido del accesorio, con lo que la carga real de drenaje = 75% de la capacidad del accesorio.	<b>Carga de drenaje real</b>  $6.75 \times 25.82 = 19.3 \text{ galones}$
4	Determine el caudal y el período de drenaje. En general, la buena práctica dicta un período de drenaje de un (1) minuto; sin embargo, cuando las condiciones lo permiten, un período de drenaje de dos (2) minutos es aceptable. El período de drenaje es el tiempo real requerido para drenar completamente el aparato.  $\text{Flujo} = \frac{\text{Carga de drenaje real}}{\text{Período de drenaje}}$	<b>Calcular el caudal</b> por un período de un minuto:  $\frac{19.3 \text{ galones}}{1 \text{ minuto}} = 19.3 \text{ GPM}$ por un período de dos minutos:  $\frac{19.3 \text{ galones}}{2 \text{ minutos}} = 9.68 \text{ GPM}$
5	Seleccione Interceptor. Se selecciona Interceptor que corresponde al caudal calculado. Nota: Seleccione el tamaño siguiente más grande cuando el caudal caiga entre dos tamaños.	Seleccione el interceptor. -Para un periodo de un minuto: 19.3 GPM se requiere el PDI tamaño 20. -Para un periodo de dos minutos 9.68 GPM se requiere el PDI tamaño 10.

En la tabla 4.9 se incluye las medidas estándar PDI aplicables comúnmente utilizadas en instalaciones domésticas, comerciales e institucionales. Las selecciones del procedimiento de diseño se describen utilizando el flujo calculado.

Tabla 5.5 Tabla de selección (Equivalentes métricos omitidos por simplicidad) [PDI, 2010]

Tamaño del compartimiento del accesorio (pulgadas)	Número de compartimientos	Carga de drenaje (Galones)	Inteceptor de grasa de tamaño PDI recomendado	
			1-minuto Periodo de drenaje	2-minutos Periodo de drenaje
18 x 12 x 6	1	4.2	7	4
16 x 14 x 8	1	5.8	7	4
20 x 18 x 8	1	9.4	10	7
18 x 16 x 8	2	15.0	15	10
20 x 18 x 8	2	18.7	20	10
30 x 20 x 8	1	15.6	20	10
24 x 20 x 12	1	18.7	20	10
22 x 20 x 8	2	22.9	25	15
22 x 20 x 12	2	34.3	35	20
24 x 24 x 12	2	44.9	50	25
22 x 20 x 12	4	68.6	75	35
24 x 24 x 12	4	89.8	100	50

### Tiempo de retención

Para calcular el tiempo de retención se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = QP \quad (4 - 10)$$

Donde:

P – Tiempo de retención [min]

Q – Caudal  $\left[\frac{m^3}{seg}\right]$

V – Volumen de la trampa de grasa  $[m^3]$

Utilizando la ecuación 4-10:

$$P = \frac{V}{Q} = \frac{0.097776 \text{ m}^3}{0.001462 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}} = 66.87 \text{ seg} = 1.11 \text{ min}$$

Verificando la investigación experimental de la Sociedad Americana de Ingenieros de Plomería (ASPE) sobre el tiempo de flotación de los glóbulos de aceite (ver Tabla 5.1), donde se ilustra el efecto del aumento que tiene el tamaño del interceptor o el flujo reducido y por consiguiente un aumento del tiempo de retención dentro del interceptor de grasa sobre la eliminación de los glóbulos de aceite. Siguiendo la relación de la Tabla 5.1 el diseñador puede mejorar el interceptor de grasa aumentando el volumen del interceptor o reduciendo el flujo y aumentando el tiempo de retención.

Tabla 5.6 Tiempo de viaje para que un glóbulo de aceite suba 3 pulgadas a 20°C [ASPE, 2017]

Diámetro del glóbulo, micras	Tiempo de subida del aceite, SG = 0,90, h: min: seg	Diámetro de la glóbulo, micras	Tiempo de subida del aceite, SG = 0,85, hr: min: seg
300	0:00:15	300	0:00:12
150	0:01:03	150	0:00:42
125	0:01:27	125	0:01:00
90	0:02:54	90	0:01:54
60	0:06:36	60	0:04:12
50	0:09:18	50	0:06:18
40	0:14:24	40	0:09:36
30	0:25:48	30	0:17:24
20	0:58:08	20	0:38:46
15	1:43:22	15	1:08:54
10	3:52:33	10	2:35:02
5	15:30:14	5	10:02:09
1	387:35:49	1	258:23:53

Observando la tabla 5.1 los glóbulos de GAR deben elevarse a una distancia mínima de 3 pulgadas desde un punto en la parte inferior de la entrada del interceptor hasta un punto directamente debajo de la salida del efluente del interceptor, en donde la tasa de aumento de los glóbulos de aceite a 0:01:07 minutos tiene un tamaño de glóbulo de 150 micras.

Velocidad del agua

$$Vh = \frac{L}{T} \quad (4 - 11)$$

Donde:

L: Componente horizontal de la grasa

T: Tiempo de viaje del glóbulo

$$Vh = \frac{0.56 \text{ m}}{1.11 \text{ min}} = 0.50 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Área de la sección transversal húmeda de la cuenca de separación

$$A_{st} = W \times H \quad (4 - 12)$$

Donde:

W: Ancho del interceptor.

H: Altura del interceptor

$$A_{st} = (0.36 \text{ m})(0.485 \text{ m}) = 0.1746 \text{ m}^2$$

Flujo de aguas residuales:

$$Q_{\text{aguas residuales}} = Vh \times A_{st} \quad (4 - 13)$$

$$Q_{\text{aguas residuales}} = \left(0.50 \frac{\text{m}}{\text{min}}\right) (0.1746 \text{ m}^2) = 0.0873 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 23.06 \text{ gpm}$$

#### 4.6 Mantenimiento

El mantenimiento de las trampas de grasa, debe realizarse de manera periódica, de lo contrario un mantenimiento correctivo, representa un aumento en los costos de mantenimiento de la trampa y que el proceso de limpieza, sea más tardado, con base en las observaciones mencionadas en la tabla 4.6, se demuestra que es necesario una capacitación para el personal que le da mantenimiento al interceptor, la cual debe incluir un manual con instrucciones precisas, en donde se haga conciencia sobre la importancia de mantener las GAR fuera de los desagües y alcantarillados.

Se debe explicar a cada miembro que de no aplicar el mantenimiento puede llevar costos extras para el negocio como:

- Multas ambientales
- Clausura del restaurante
- Bloqueos de drenaje
- Molestias para la salud pública

Para una mejor gestión de los desechos es recomendable contar con una guía como la que se muestra en la figura 4.43 simple la cual ayudara significativamente a mantener el flujo libre de agua tanto dentro de los drenajes como en el sistema de alcantarillado. [WATER UK, 2012].



Figura 4.56 Algoritmo de control para administrar las GAR en su establecimiento [WATER UK, 2012]

#### 4.7 Factibilidad económica

En la tabla 2.2 se muestra una comparativa entre trampas de grasa de semejantes proporciones.

Tabla 2.2 Benchmarking de las diferentes trampas de grasa que hay en el mercado [Coriat, 2015], [HELVEX, sin año] y [San-son, sin año]

Marca	Coriat	San-son	Helvex	FI
Modelo	IC-75	TG95	IG-40	AE-93
Cap. de almacenaje	18 kg grasa	22 kg grasa	36 kg grasa	25.4 kg grasa
Cap. de flujo	19.8 GPM	25 GPM	23 GPM	19.3 GPM
Longitud	0.600 m	0.700 m	0.800 m	0.56 m
Ancho	0.390 m	0.505 m	0.533 m	0.36 m
Profundidad	0.440 m	0.470 m	0.532 m	0.485 m
Nivel de líquido	0.360 m	-	0.379 m	0.38 m
Peso	25 kg	109 kg	97 kg	
Material	Lamina de acero inoxidable	Esmaltado epoxico al horno	Acero	Lámina negra
Accesorios	2	5	5	1
Precio	\$11,780	\$12,963	\$21,211	\$ 11,000

#### 4.8 Factibilidad ambiental

Según el Diario Oficial de la Federación (DOF) donde se incluye la NORMA Oficial Mexicana NOM-CCA-026-ECOL/1993 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de restaurantes o de hoteles, el contenido de grasa en este tipo de establecimientos es igual a 15 mg/lit como máximo [DOF, 1993].

Para calcular el volumen de grasas y aceites de la trampa de grasa propuesta en un restaurante y considerando que trabaja en promedio 15 horas diarias con un mantenimiento al interceptor de un día por semana tenemos:

$$\text{Masa (Kg)} = (\text{descarga}) \times (\text{caudal}) \times (\text{horas de trabajo}) \times (1 \text{ mes}) \quad (4 - 13)$$

$$\begin{aligned} \text{Masa(kg)} &= \left(0.000015 \frac{\text{kg}}{\text{lt}}\right) \times \left(1.21 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}\right) \times (15 \text{ hrs}) \times (26 \text{ días}) \times \left(60 \frac{\text{min}}{\text{hrs}}\right) \times \left(60 \frac{\text{seg}}{\text{min}}\right) \\ &= 25.4 \text{ kg de grasa} \end{aligned}$$

A través de un estudio realizado por el Centro de Investigación de Ingeniería de Agua y Medio Ambiente (WEERC) en el campus de la Universidad Estatal de Dakota del Sur (SDSU) en Brookings, EE.UU. por medio de un respirometro se identificó el potencial bioquímico de metano (BMP) en las GAR.

Este ensayo resulto aproximadamente que 760 ml de metano por 1,0 ml de los GAR añadido y 335 ml de metano por gramo de DQO añadido. Durante este ensayo, se usaron seis recipientes de reactor para sustratos de ensayo y dos se usaron como blancos. Los seis recipientes de prueba se inyectaron por primera vez con ácido acético para asegurar la

estabilidad, seguido por GAR. Se encontró que todos los seis vasos de prueba eran estables, y luego los seis se inyectaron con la muestra GAR.

Considerando que la trampa de grasa diseñada adaptada a un restaurante de mediana capacidad genera 25.4 kg de grasa al mes, se puede la cantidad de metano expresado en  $CO_2_{eq}$  que se puede reducir aplicando un buen mantenimiento para que el interceptor trabaje en las mejores condiciones.

Por lo tanto:

Producción de GAR= 760 ml de metano / 1 ml de GAR

Masa GAR en trampa de grasa/mes (m)= 25. 4 Kg

Densidad de las GAR ( $\rho$ ) =  $0.9 \frac{kg}{m^3}$  promedio

Volumen (v) = [ $m^3$ ]

Utilizando la ecuación

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (4 - 14)$$

Despejando la ecuación 4-14

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{25.4 \text{ kg}}{0.9 \frac{kg}{m^3}} = 28.22 \text{ m}^3 = 28220000 \text{ ml de GAR}$$

Si sabemos que

*760 ml de metano – 1 ml GAR*

*21447200000 ml de metano – 28220000 ml GAR*

Para expresar dicha cantidad en Kg de metano recordemos la ecuación 4-14:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

$$\rho = \text{Densidad del metano} = 0.656 \frac{Kg}{m^3}$$

m = masa = ?

v = volumen =  $21447.2 \text{ m}^3$

Despejando

$$m = \rho * v = \left(0.656 \frac{Kg}{m^3}\right) (21447.2 m^3) = 14069.36 \text{ kg de metano}$$

Si se desea calcular lo cantidad que ahorraría un restaurante al mes expresado en  $CO_{2eq}$  con la trampa de grasa propuesta multiplicamos la masa por el potencial de calentamiento del metano ( $CH_4$ ) [Lipp and col, 2014].

Potencial de calentamiento del metano = 21

$$\frac{CO_{2eq} \text{ metano}}{\text{mes}} = (14069.36 \text{ kg de metano})(21) = 295.456 \text{ ton de } \frac{CO_{2eq}}{\text{mes}}$$

## Capítulo 5. Conclusiones

Las trampas de grasa han estado funcionando con un enfoque distinto a su objetivo principal, sin embargo suelen presentar un comportamiento más definido como trampas de residuo de alimentos, por ello es importante definirlo desde el enfoque correcto, de esta manera el usuario puede conocer el verdadero objetivo del producto, en el caso de las trampas comerciales, no es la grasa, esto es un indicio que el producto fue diseñado con un fin y usado para otro, o viceversa, ya que el nombre y objetivo del producto no se acoplan a su funcionamiento real. Todos los dispositivos analizados, estudiados y observados muestran el mismo patrón de desinformación de funcionamiento, incluso durante la investigación de campo se apreció que una de las trampa de grasa se encuentra colocada de manera inversa, es decir que el sistema de escape fue colocado en la tubería del sistema de admisión, por ello se propone que estos dispositivos deben de tener una etiqueta de especificaciones que pueda ser visible y entendible por los diferentes usuarios que manejan este dispositivo, con la información más importante sobre la instalación, el uso, mantenimiento y manejo de los residuos.

Durante la investigación de campo y mantenimiento realizado a diversas trampas se aprecia que la grasa no es atrapada en su totalidad, el comportamiento que presenta es una adhesión continua en las paredes de las tuberías aledañas y en los cambios de geometría de los sistemas internos de las trampas, en especial en los aquellos que forman un ángulo recto, lo cual es importante, ya que, si no existe un mantenimiento preventivo constante, la grasa actúa como un concentrador de materia, que va evolucionando a un concentrador de moho y materia fétida, en donde si la trampa aún sigue sin presentar un mantenimiento preventivo para liberar esta grasa, está termina por adherirse a la superficie en la cual está concentrada, que a largo plazo puede modificar la geometría del dispositivo y la ruta del sistema de separación, por ello se hace énfasis en que es necesario redefinir el concepto y objetivo real de este dispositivo.

Con base en la premisa anterior, el presente trabajo muestra que la grasa y el aceite no son el principal problema en la gestión de residuos orgánicos en tuberías de los restaurantes, sino que el residuo orgánico de mayor presencia en las trampas son los residuos de los alimentos, motivo por el cual, se encontró una solución de diseño en donde el dispositivo logrará retener un mayor porcentaje de grasa, que la tendencia actual de sus similares en el mercado, separar de manera más eficiente los residuos arrojados por los diversos sistemas de limpieza de utensilios y obligar a un mantenimiento preventivo constante en donde la supervisión de este tipo de dispositivos será una actividad clave para la solución de esta problemática que ha permanecido en silencio durante años.

La solución presentada se sustenta en el desarrollo de un dispositivo diseñado mediante la perspectiva de un enfoque apodíctico, en donde fue importante conjuntar los sistemas internos que se presentan en las trampas de grasa, los cuales por si solos funcionan de manera individual e independiente, lo cual es responsabilidad de la desinformación, en consecuencia el usuario no visualiza estos sistemas, por ende no logra visualizar el objetivo de cada uno de ellos y el proceso de mantenimiento se realiza sin un enfoque bien dirigido, sin embargo mediante el resultado arrojado después del proceso de diseño se observa que se ha llegado a una solución que englobe estos sistemas, reduciendo el tiempo de mantenimiento y la administración del espacio para el desarrollo del mantenimiento preventivo de estos dispositivos.

El resultado del proceso de diseño fue la creación de un dispositivo de geometría envolvente semejante pero con una arquitectura interior modificada, logrando una mejora en la disposición de los diferentes sistemas de separación, ahora este proceso se realiza en dos fases y no en cuatro, como se menciona en el diagrama de sistemas que componen una trampa de grasa (figura 1.8) lo cual hace más eficiente el tiempo para el mantenimiento del dispositivo y esto da origen a que el mantenimiento se realice en periodos más acotados y delimitados, logrando garantizar la eficiencia de las necesidades que se presentan en este mercado, ya que, el tiempo en el cual se debe realizar el mantenimiento es corto, y suele llevarse a cabo cuando no hay comensales presentes, debido al fuerte olor que presenta la descomposición de alimentos dentro de la trampa, por lo cual se puede concluir que el uso eficiente de estos dispositivos, no compromete las necesidades de futuras generaciones y garantiza las necesidades actuales de este tipo de dispositivos ,por lo cual se trata de una medida sustentable.

Este dispositivo se apega de manera completa y eficiente al proceso diseño del prototipo de la trampa de grasa, a través del enfoque apodíctico de diseño, cumpliendo con todas las etapas que lo comprende. Como resultado final se obtuvo un producto satisfactorio, que soluciona, las necesidades observadas durante la investigación de campo, donde la etapa final es su prueba nivel piloto, la cual aún no se ha realizado, debido a los parámetros bajo los cuales trabaja la trampa de grasa (instalación, fluidos y residuos en tiempo real, alto caudal). Se espera que este diseño se pueda ser el comienzo de un cambio en los hábitos y gestiones presentes actualmente en las trampas de grasa convencionales con un costo relativamente bajo según el análisis realizado por la interacción de sus accesorios en un mecanismo, logrando un beneficio en la vida útil del dispositivo, higiene y sanidad de las tuberías alojadas en las cocinas de los restaurantes, con las medidas presentadas es posible disminuir cantidades pequeñas de metano y sulfuro de hidrogeno en cada una de las cocinas de los restaurantes, expresados en  $CO_{2e}$ , sin embargo si extrapolamos estos resultados, la medida es significativa, evitando que estos dispositivos funcionen como concentradores  $CO_2$  en cada cocina, evitando que esto gases principales causantes de la contaminación ambiental se liberen dentro de las cocinas de cada restaurante produciendo olores fétidos y corrosión en las tuberías y como consecuencia un mantenimiento correctivo, el cual tiene un costo más alto y en donde no se garantiza un resultado final en una sesión, estas acciones deben ser motivo de multas ambientales, clausura del establecimiento y pago por mantenimiento en la línea de drenaje.

Por otro lado el diseño resultante de la trampa de grasa, presenta parámetros considerables que se encuentran fuera del dispositivo, adecuándose al espacio promedio destinado a estos dispositivos en cada cocina de los restaurantes visitados y a limitantes de tiempo que tienen los operadores para dar mantenimiento a las trampas de grasa, el mecanismo de diseño simplifica la operación a un solo paso, facilitando así las tareas entre usuario-operador, a diferencia de los dispositivos actuales en el mercado, en donde el operador de mantenimiento tienen que sustraer pieza por pieza desde el interior de la trampa de grasa, ensuciando el área de trabajo y demorando los tiempos de administración del restaurante derivado de la limpieza de tantos accesorios aunado a ello, las dificultades que tiene el operador dada la adherencia de moho en las paredes y las guías de cada elemento y al estancamiento de la canastilla con el área sedimentable. El mecanismo diseñado, al momento de ser retirado para realizar el mantenimiento preventivo, recoge todo el sedimento generado en la trampa de grasa por

principio de flotación y facilita la acción al no estancarse con su entorno más importante, el no dañar el contenedor de la trampa de grasa al ser un dispositivo independiente.

El objetivo principal de diseñar con base en el funcionamiento de los accesorios en un solo mecanismo en una trampa de grasa convencional, es que se segreguen de manera eficiente los desechos y el resultado del diseño es un ejemplo de como una ingeniería sólida y un enfoque de diseño bien aplicado puede simplificar operaciones y necesidades específicas.

El tema del presente trabajo también busca crear conciencia sobre lograr soluciones desde diferentes perspectivas enfocadas a la higiene y sanidad con las que debe de cumplir este tipo de establecimientos y este tipo de dispositivos que llevan años sin actualizarse a las necesidades presentes, además de lograr una correcta gestión de los residuos y evitar pequeños concentradores de CO<sub>2</sub> en cada cocina, además de buscar una educación ambiental entre los usuarios y comensales de restaurantes, para administrar las GAR de forma correcta y simplificar las tareas de mantenimiento.

## Referencias

- Aboites, 2011. Regulación de descargas al drenaje mediante una trampa de grasa en el sector alimenticio de Santa Rosa Jáuregul. Tesis de licenciatura de Ingeniería Ambiental. Universidad Tecnológica de Querétaro. Querétaro, Qro. México.
- AI, 2011. Un enfoque apodíctico del diseño. Publicación de la Academia de Ingeniería de México. México D.F, México.
- Arellano y Sánchez, 2017. Visita personal a diversos restaurantes de la Ciudad de México, a través de una empresa recolectora de aceite usado. México, D.F, México.
- ASPE, 2013. Grease Interceptors CEU 199. Publication fo the American Society of Plumbing Engineers. Carolina, California EE.UU.
- ASPE, 2017. Grease Interceptors CEU 245. Publication of American Society of Plumbing Engineers. Carolina, EE.UU.
- BAPPG. Fact Sheet on Grease Interceptors and Grease Traps. Publication of Bay Area Pollution Prevention Group. San Fransisco, California EE.UU.
- BIG DIPPER, 2014. Grease Removal System. Publication of WATER MANAGMENT LIMITED. Bridgetown, Barbados.
- Coriat, 2011. DIMENSIONES INTERCEPTORES DE GRASA CORIAT Línea Master. Publicación de Grupo Coriat S.C de C.V. México, D.F. México.
- De la Torre, F. 1997. Administración Hotelera: segundo curso, alimentos y bebidas. Trillas, 1997. México, D.F, México.
- DENUE, 2014. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, Séptima Edición. Publicación del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. México D.F, México.
- DOF, 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-CCA-026-ECOL/1993. Publicación del Diario Oficial de la Federación. México, D.F. México.
- DURMAN, 2012. Trampa para grasa marca endura. Ficha Técnica versión 01. Págs. 3-4. Publicación de Durman S.A. de C.V. México, D.F. México.
- EPD, 2005. Grease and Oil Wastes- Problems and Solutions. Publication of Environmental Protection Departament. Hong Kong, Japón.
- GA, 2015. ¿Por qué fue tan exitoso el diseño del Ford Modelo T? Publicación de Grupo Aguirre. México, D.F. México.

González, D., Amaíz L., Medina, L., 2012. Biodegradación de residuo graso industrial empleando bacterias endógenas. **Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal**. Páginas: 105-118.

HELVEX, sin año. Hoja de especificaciones IG-40. Publicación de HELVEX S.A. de C.V. México, D.F. México.

INEGI, 2014. Estadísticas a propósito de la Reunión de la Comisión Ejecutiva Nacional, Cámara Nacional de la Industria de Restaurantes y Alimentos Condimentados. Publicación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Págs. 4, 19. México, D.F. México.

Lipp and col, 2014. Anaerobic Respirometry Studies of Fats, Oils and Grease. Publication of Water Environment Federation. Washington D.C., EE. UU.

Mezquita, sin año. Tratamiento biológico de aguas residuales a base de enzimas y bacterias. Publicación del Centro de Información de Actividades Porcinas (CIAP). Buenos Aires, Argentina.

Mobarak-Qamsari, E., Kasra-Kermanshahi, R., Nosrati, M., et al. 2012. Enzymatic Pre-Hydrolysis of high fat Content Dairy Wastewater as a Pretreatment for Anaerobic Digestion. **Int. J. Environ. Res.** 6(2):475-480.

NPCA, 2000. Design considerations and discussion of precast concrete gravity grease interceptors. Publication of The National Precast Concrete Association. Washington D.C., EE. UU.

Oldcastle, 2016. Stata Grease Interceptors. Publication of Oldcastle Precast Water. Washington D.C., EE. UU.

Orlov. P., 1985. Ingeniería de Diseño Tomo: 1. Mir Moscú, Pág. 5. URSS.

PDI, 2010. Testing and Rating Procedure for Hydro Mechanical Grease Interceptor with Appendix of Installation and Maintenance

San-son, sin año. TRAMPAS DE GRASA. Publicación de [www.san-son.com](http://www.san-son.com). México, D.F. México.

UNATSABAR, 2003. Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa. Publicación de la Unidad De Apoyo Técnico Para El Saneamiento Básico Del Área Rural. Págs. 6- 10. Lima, Perú.

WATER UK, 2012. Disposal of Fats, Oils, Grease and Food Waste. Publication of WATER UK. Broadway Westminster, London.