

**EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
LABORATORIO DE REOLOGÍA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE
METROLOGÍA DE COLOMBIA (INM).**

**CARLOS ANDRES MANZANARES CHACON
STEPHANY JULIETH MORA GIRALDO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2019**

**EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
LABORATORIO DE REOLOGÍA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE
METROLOGÍA DE COLOMBIA (INM).**

**CARLOS ANDRES MANZANARES CHACON
STEPHANY JULIETH MORA GIRALDO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de:
INGENIERO QUÍMICO**

**Director:
Álvaro Bermúdez Coronel
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Claudio Alberto Moreno Arias

Dany José Cárdenas Romay

Bogotá D.C., agosto de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Director del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García- Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano de Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del programa de Ingeniería Química

Ing. Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

Quiero agradecer a mis padres Maria Evelia Chacón y Juan Manzanares Lugo por todo el esfuerzo, apoyo y confianza que han puesto en mí para este proyecto y esta carrera. A mis hermanos Oscar Mauricio Manzanares y Juan Felipe Manzanares por el apoyo y acompañamiento durante todo mi proceso de estudio. A mi compañera Stephany Mora por todo el apoyo y esfuerzo en este proyecto. Y a mis compañeros y profesores que aportaron su conocimiento para que este trabajo haya culminado.

Carlos Andres Manzanares Chacon

Doy gracias a mi familia, mi mama Amparo Giraldo, mi hermana Paola Mora y mi tía Marta Mora por apoyarme durante estos años de universidad; a mis profesores y compañeros que aportaron sus conocimientos durante todo mi proceso estudiantil y por ultimo a mi compañero Carlos Manzanares por compartir esta experiencia juntos.

Stephany Julieth Mora Giraldo

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	19
1. ANÁLISIS DEL ENTORNO DE LA REOLOGÍA EN COLOMBIA	21
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA REOLOGÍA EN COLOMBIA	22
1.1.1 Alimentos	22
1.1.2 Farmacéutica	24
1.1.3 Petroquímica	25
1.1.4 Pinturas	27
1.2 OPORTUNIDADES DE LA REOLOGÍA	29
1.3 NORMATIVIDAD ACTUAL	31
1.3.1 Laboratorio de reología en Colombia	31
1.3.2 Normas básicas para laboratorios	32
1.3.3 ISO 17025 y ONAC. NTC- ISO/IEC 17025:2005	33
1.3.4 Normas de calidad	37
1.4 PERFIL DE LOS LABORATORIOS	41
2. ANÁLISIS DEL ENTORNO DEL SECTOR INDUSTRIAL CON BASE EN LA REOLOGÍA EN COLOMBIA	43
2.1 NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA (INM)	43
2.1.1 Trazabilidad en las mediciones de viscosidad y otras propiedades reológicas	44
2.2 TIPOLOGÍA DE EMPRESA DE INTERÉS	47
2.2.1 Industria de alimentos	47
2.2.2 Industria farmacéutica	50
2.2.3 Industria petroquímica	54
2.2.4 Industria de pinturas	56
2.3 CLASIFICACIÓN DE PRUEBAS REOLÓGICAS	58
3. ESTUDIO TÉCNICO	65
3.1 REQUISITOS Y VIABILIDAD NORMATIVA	65
3.1.1 Procedimientos para obtener licencias	66
3.1.2 Condiciones ambientales y sanitarias	66
3.2 EQUIPOS PARA PRUEBAS REOLÓGICAS	67
3.2.1 Matriz de selección	67
3.2.2 Equipos de uso convencional	71
3.2.3 Equipos de alta gama	75
3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	79
3.3.1 Ubicación del laboratorio	79
3.3.2 Condiciones básicas para la distribución del laboratorio	81

3.3.3 Distancias mínimas y máximas para el diseño	83
3.3.4 Acondicionamiento de los espacios	86
3.3.5 Seguridad en el laboratorio	90
3.4 PERSONAL REQUERIDO	94
3.4.1 Jefe de laboratorio.	94
3.4.2 Auxiliar	95
3.4.3 Apoyo instrumental	95
3.4.4 Vidriería y tiempo de instalación	96
4. EVALUACION FINANCIERA	97
5. CONCLUSIONES	109
6. RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFIA	112
ANEXOS	116

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Puntos que describen el cambio de viscosidad de un combustible de estado líquido a sólido a diferentes temperaturas.	26
Figura 2. Carta de trazabilidad para las mediciones de viscosidad con instrumentos capilares y rotacionales para un alcance de hasta 700000 mm ² /s	45
Figura 3. Carta de trazabilidad para determinar la clasificación reológica y propiedades de los fluidos a partir del uso de la gráfica de Esfuerzo vs Velocidad de corte.	46
Figura 4. Relación de viscosidad y temperatura de la leche.	49
Figura 5. Comportamiento de frecuencia de agitación de dos esmaltes.	52
Figura 6. Módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'') para dos cremas.	53
Figura 7. Comportamiento reológico de crudo cusiana dependiente de la temperatura.	55
Figura 8. Módulo de almacenamiento para comportamiento elástico y viscoso.	57
Figura 9. Comportamiento de la velocidad de cizalla para dos pinturas de pared.	58
Figura 10. Curvas de flujo de suspensiones Newtonianas y No-Newtonianas	62
Figura 11. Esfuerzo de cedencia superior e inferior.	63
Figura 12. Representación de curvas de flujo para diferentes fluidos. 1) Fluido newtoniano, 2) Fluido No newtoniano adelgazante, 3) Fluido No newtoniano dilatante, 4) Fluido de tipo Bingham.	64
Figura 13. Diagrama de distribución estándar de un laboratorio.	83
Figura 14. Áreas de distancia para estaciones de trabajo opuestas.	85
Figura 15. Tipos de profundidades de lugares de trabajo en laboratorios. a) Área de 47.25 m ² y b) 7.6% menos espacio de trabajo.	86
Figura 16. Plano total de laboratorio.	87

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Dilución acuosa y coeficiente de viscosidad de la leche fresca	48
Tabla 2. Relación entre la presión de la homogenización y la viscosidad de la leche.	49
Tabla 3. Comportamiento del pH y la viscosidad de la leche descremada con relación al tiempo de almacenamiento.	50
Tabla 4. Equipos de uso convencional	69
Tabla 5. Equipos de uso convencional seleccionados y sus respectivas referencias.	71
Tabla 6. Equipos de alta gama.	76
Tabla 7. Equipos de alta gama seleccionados y sus respectivas referencias.	77
Tabla 8. Especificaciones centrales de áreas.	84
Tabla 9. Comparaciones de espacios de laboratorio con diferentes medidas de rejilla.	85
Tabla 10. Equipos de protección personal para utilizar en el laboratorio.	92
Tabla 11. Inversión en obras físicas.	98
Tabla 12. Inversión en maquinaria y equipos de producción.	98
Tabla 13. Inversión en muebles, enseres y equipos de administración.	98
Tabla 14. Inversión en activos intangibles.	100
Tabla 15. Programa de inversión fija del laboratorio.	100
Tabla 16. Costo mano de obra.	101
Tabla 17. Porcentajes utilizados para prestaciones sociales y aportes.	101
Tabla 18. Costo de materiales. (Primer año de operación).	102
Tabla 19. Costo de servicios. (Primer año de operación).	103
Tabla 20. Remuneración al personal administrativo.	104
Tabla 21. Gastos de venta. (Primer año de operación).	104
Tabla 22. Balance general anual.	105
Tabla 23. Utilidades anuales.	106
Tabla 24. Indicadores financieros.	107

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1. Punto de equilibrio.	107

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Diferencias entre la 17025 de 2005 y 17025 de 2017	117
Anexo B. Listado de medicamentos completo	118
Anexo C. Análisis reológicos complementarios	119
Anexo D. Criterios de clasificación para el laboratorio	122
Anexo E. Plano del área convencional del laboratorio	123
Anexo F. Plano del área de extintor y residuos de laboratorio	124
Anexo G. Plano del área de reometría del laboratorio	124
Anexo H. Plano del área de viscosidad del laboratorio	125
Anexo I. Plano del área de baños del laboratorio	126
Anexo J. Plano del ara de almacenamiento y oficina	126
Anexo K. Tamaño y localización de extintores para clase A	127
Anexo L. Vidrieria	127
Anexo M. Cotización e inversión en obras físicas	128
Anexo N. Cotización e inversión en maquinaria	129
Anexo O. Cotización de materiales	129

ABREVIATURAS

NTC	Normas Técnicas Colombianas
INVIMA	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
ISO	Organización Internacional de la Normalización
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación
INM	Instituto Nacional de Metrología
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
SGC	Servicio Geológico Colombiano
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
MRC	Materiales de Referencia Certificados
TGA	Análisis Termogravimétrico
DTA	Análisis Diferencial de Temperatura
DSC	Calorimetría Diferencial de Barrido
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
IVA	Impuesto al Valor Agregado
GFA	Área bruta de piso
UFA	Área de piso utilizable final
NFPA	Asociación Nacional de Protección al Fuego
VPN	Valor Presente Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno

GLOSARIO

EFEECTO VENTURI: un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor. Si en ese punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en el segundo conducto.

EROGACION: gastar o distribuir recursos, generalmente económicos.

ESFUERZO DE CORTE: esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como una viga o un pilar.

ESTADO DE RELAJACIÓN: es el punto en que la sustancia se mantiene suspendida por sí mismo. Se puede dar si se emplean bajos tiempos a altas temperaturas o altos tiempos a bajas temperaturas.

FILIFORME: objetos que tienen forma o apariencia de hilo, finos y alargados.

HIDROGEL: red tridimensional de cadenas flexibles, constituida por unos elementos conectados de una forma determinada. También se conoce como un gel que contiene agua.

LÍMITE DE ARRASTRAMIENTO: cuantifica la resistencia de un objeto en un medio fluido como el aire o el agua.

LÍMITE DE ELASTICIDAD: tensión máxima que un material puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes.

METROLOGÍA: ciencia que estudia las mediciones de las magnitudes garantizando su normalización mediante la trazabilidad.

PSEUDOPLÁSTICO: no presenta tensión de fluencia para el inicio de la deformación de una sustancia.

PUNTO DE BURBUJA: temperatura y presión a las cuales una mezcla líquida comienza a hervir.

PUNTO DE CEDENCIA: punto en el que el material sufre una deformación plástica, es decir, el material pasa la zona de deformación elástica y queda deformado permanentemente.

PUNTO DE FLUIDEZ: temperatura más baja en la que un fluido sigue siendo un líquido vertible, es decir, todavía se sigue comportando como un fluido.

REACCION EXOTERMICA: cualquier reacción química que desprende energía, ya sea en forma de luz o calor.

RECUBRIMIENTO: objeto que se vuelve a cubrir de sustrato. Usado para mejorar algunas propiedades o cualidades de la superficie del sustrato.

REOMETRO: instrumento de laboratorio que se usa para medir la forma en que fluye un líquido, mezcla o suspensión bajo la acción de fuerzas externas.

TIXOTROPIA: propiedad de algunos fluidos no newtonianos y pseudoplásticos que muestran un cambio de su viscosidad en el tiempo; cuanto más someta el fluido a esfuerzos, más disminuye su viscosidad.

UNTUOSIDAD: propiedad que tienen los líquidos de adherirse a la superficie de los cuerpos sólidos.

VISCOELASTICIDAD: tipo de comportamiento reológico inelástico que presentan ciertos materiales que exhiben tanto propiedades viscosas como propiedades elásticas cuando se deforman.

RESUMEN

Para la mayoría de las industrias sin importar cuál sea, es necesario contar con un respaldo de calidad en sus productos que muestren la eficiencia de sus procesos y la confianza con el cliente o consumidor. El INM tiene por objeto la coordinación nacional de la metrología científica e industrial, así mismo, ejecuta actividades que permitan la innovación y soporten el desarrollo económico, científico y tecnológico del país promoviendo la investigación, la prestación de servicios metrológicos o de calibración y la divulgación de mediciones trazables al sistema internacional de unidades (SI).

Al inicio de la investigación se presentó un estudio de la reología centrado en cuatro industrias (alimentos, farmacéutica, petroquímica, pinturas) las cuales son prioridad para la implementación ya que estas son las industrias en las que el Instituto Nacional de Metrología de Colombia quiere dirigir el laboratorio, por esto es necesario la indagación o búsqueda de información sobre aspectos fundamentales o estudios realizados con base en la reología enfocada en las industrias en Colombia. Una vez terminado dicho estudio es necesario conocer qué tipo de análisis serán desarrollados en el laboratorio con base en las necesidades de las industrias.

Como eje central de la investigación se realizó el estudio técnico de las condiciones que requiere el laboratorio en aspectos fundamentales como equipos, distribución de los espacios, área establecida, condiciones de adecuación, condiciones ambientales y sanitarias, secciones de clasificación del laboratorio, espaciamentos mínimos requeridos, cantidad de extintores necesarios según el tipo de área establecida, entre otros. Para la descripción de los equipos fue necesario realizar cotizaciones en varios espacios y se ejecutó una matriz de selección para evaluar los parámetros necesarios según las necesidades del laboratorio.

Por último, se realizó un análisis financiero para determinar la viabilidad del proyecto y la rentabilidad que generaría contar con un laboratorio de reología en Colombia puesto que actualmente no se cuenta con el mismo. Para el análisis financiero se tuvieron en cuenta indicadores como Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Relación costo beneficio. También se establecieron las conclusiones y recomendaciones necesarias para mejorar el proyecto.

PALABRAS CLAVE: Análisis, Equipos, Laboratorio, Metrología, Reología.

INTRODUCCIÓN

Los estudios reológicos han tomado fuerza en cuanto a las necesidades industriales, pues estos han resultado ser fundamentales tanto para conocer el comportamiento de las sustancias a trabajar en los procesos como para la calidad de los productos finales incitando a que se puedan generar sustancias de mayor competitividad, para lo cual, las empresas buscarán certificar sus productos con el respaldo de control de calidad selectivo que ofrezca las mejores condiciones para su uso. De la misma forma, las calibraciones de los equipos que realizan estos estudios también han crecido y esto se comprueba con la existencia de variedad de entidades con equipos que requieren de estos servicios.

En Colombia, este tema resulta ser de poco conocimiento para la sociedad e incluso hay empresas donde el estudio reológico resulta ser fundamental y hasta ahora están empezando a interesarse por el comportamiento de las sustancias que manejan y, es por esto que no existe un laboratorio en el país que se encargue de estos estudios. Las empresas que desean conocer los estudios reológicos deben realizarlos en entidades fuera del país o en distintos laboratorios que puedan poseer alguno de los equipos reológicos y esto provoca que haya demoras para obtener los resultados y hasta imprecisiones en los análisis.

La reología, palabra introducida por Eugene Bingham en 1929, al estudio de la deformación y el flujo de la materia. La real academia española define reología como: estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos. Es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos. Su estudio es esencial en muchas industrias incluyendo las de plásticos, pinturas, alimentos, tintas de impresión, detergentes o aceites lubricantes. Una definición más moderna expresa que la reología es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir.¹

Las propiedades mecánicas estudiadas por la reología se pueden medir mediante reómetros, aparatos que permiten someter al material a diferentes tipos de deformaciones controladas y medir los esfuerzos y viceversa. Algunas de las propiedades reológicas más importantes son:

- Viscosidad aparente (relación entre esfuerzo de corte y velocidad de corte).
- Viscosidad compleja (respuesta ante esfuerzos de corte oscilatorios).
- Funciones complejas e viscoelasticidad no lineal.

Un laboratorio es un lugar con personas, aparatos y materiales necesarios para realizar investigaciones como ensayos o análisis químicos, físicos y/o microbiológicos de carácter científico, tecnológico o técnico. El INM de Colombia busca estudiar la implementación de un laboratorio de reología con la función de

¹ DE MIRANDA, Francisco. Reología [en línea], [revisado 22 septiembre 2018], Disponible en internet: <https://marcanord.files.wordpress.com/2012/11/reologc3ada-1.pdf>. Página 3.

cubrir las necesidades de las empresas y laboratorios que requieran de los servicios de análisis y calibración en este campo.

En la presente investigación se realizó un estudio centrado en la reología para cuatro industrias en las que se quiere enfocar el INM que son: alimentos, farmacéutica, petroquímica y pinturas. El estudio se enfoca en la demanda reológica que se tiene en cada una de las industrias con el fin de ver la posibilidad de que haya necesidad de implementar un laboratorio que se especialice en todos estos estudios. Del mismo modo, se estudian las normatividades principales que se deben de tener en cuenta a la hora de realizar un laboratorio de análisis y calibración.

Se determinaron las necesidades de investigación del INM donde fueron requeridas las cartas de trazabilidad las cuales deben indicar la ejecución de los análisis fundamentales en este campo. Con base en esto se realizó un estudio técnico detallado de los análisis fundamentales que se les practica a cada una de las cuatro industrias donde indique específicamente cuales son y los instrumentos que se utilizan y las condiciones que manejan. A su vez, se estudiaron los análisis que se realizan en diferentes laboratorios de reología ubicados en otros países. Para definir los requerimientos técnicos, se realizó una selección de las pruebas y con ello los equipos que se requieren según la normatividad más representativa como la ISO, NTC, INVIMA, ente otros, definiendo cotizaciones en diferentes casas comerciales que cumplan con las condiciones de los equipos solicitados y a su vez materiales e instrumentación adicional para el montaje del laboratorio. Ya definido los requerimientos, se determinaron los parámetros y el área del laboratorio con sus distancias mínimas y máximas de seguridad, el acondicionamiento de los espacios y el personal requerido para los análisis y calibraciones.

Por último, se realizó un análisis financiero en donde se tienen en cuenta diferentes indicadores como VPN, TIR, TIO y la relación beneficio costo que puedan determinar la viabilidad del proyecto. Se determina la inversión total del proyecto que incluyen los equipos, la infraestructura, muebles y enseres que el laboratorio requiera junto con los costos y gastos que genera el funcionamiento del laboratorio anualmente. Para esto se asume una proyección de la demanda de pruebas de laboratorio con base en los estudios seleccionados anteriormente y el tiempo de duración de estas teniendo en cuenta que no existen más laboratorios que cumplan con todas estas funciones. Se concluye cada punto de la investigación y se determina sobre la viabilidad de la implementación del laboratorio de reología en Colombia y a su vez generar recomendaciones que se deben de tener en cuenta sobre el estudio realizado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la viabilidad técnico-financiera para la implementación de un laboratorio de reología en el Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de los análisis reológicos en Colombia y en el Instituto Nacional de Metrología.
- Definir los requerimientos técnicos necesarios para la implementación de un laboratorio de reología.
- Establecer una propuesta del laboratorio con base en los instrumentos y estructura.
- Determinar la viabilidad financiera del proyecto.

1. ANÁLISIS DEL ENTORNO DE LA REOLOGÍA EN COLOMBIA

Para lograr implementar un laboratorio de reología en Colombia es necesario identificar las necesidades actuales y futuras que entidades o personas puedan tener; así mismo, es necesario identificar las ventajas y desventajas que podría traer para el Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM) realizar y ejecutar dicho laboratorio siendo necesario el estudio del estado actual de la reología en el país y sus futuras oportunidades.

Como objetivo del estudio que determinará el estado actual de la reología en Colombia es necesario identificar y conocer la variedad de trabajos de grado o tesis que se han desarrollado en los últimos años con respecto a este tema y que puedan estar relacionados con el tipo de industrias (alimentos, farmacéutica, petroquímica y pinturas) en las que el INM quiere centrar su atención. Para esto es necesario realizar un estudio de dichas industrias con base en los procesos y análisis requeridos para la obtención de productos de calidad y con esto implementar un laboratorio de reología que contenga los equipos necesarios enfocados en los análisis reológicos e infraestructura, las condiciones del entorno y el personal requerido para este laboratorio.

Los estudios reológicos se basan en las propiedades mecánicas de las sustancias lo cual en estas industrias es importante y es posible determinar la calidad de los productos. Estas determinaciones ayudan a las empresas a manejar su competitividad con otras a nivel nacional e internacional realizando un mejor manejo de sus materias primas, de los gastos que realizan, mejoramiento del producto entre otros fines. En el caso de las empresas pequeñas estos estudios permiten el crecimiento y desarrollo de las mismas para mantenerse en el mercado nacional y para obtener mayores posibilidades de entrar al internacional.

En Colombia no existe un laboratorio en donde se puedan realizar los estudios necesarios que contengan todos los análisis reológicos que requieren dichas sustancias y por esto son ejecutadas de forma individual. Estos laboratorios son necesarios en la industria química, si se conoce el comportamiento de las mismas se puede facilitar el manejo en los diferentes procesos industriales; además, si se realizan los análisis por separado se generarían mayores costos y los productos no estarán asegurados al 100% y esto se debe a que, si hay una mayor cantidad de análisis, exista un mayor margen de error en los mismos.

1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA REOLOGÍA EN COLOMBIA

El término “reología” es actualmente desconocido por un gran porcentaje de colombianos y hablar de la misma en forma general no es posible ya que esta se fundamenta en los estudios realizados a diferentes objetos y mide propiedades específicas de los mismos. Por esto, es necesario hablar de las industrias en las que el instituto desea enfocar su atención, conocer los estudios que se han realizado hasta el momento, qué se espera en un futuro y qué oportunidades de mejora se están llevando a cabo para que el concepto tome mayor fuerza en el país.

1.1.1 Alimentos. El campo de los alimentos tiene diversas y amplias aplicaciones en la aceptabilidad, procesamiento, manejo y transformación de los alimentos. Sin embargo, los materiales de naturaleza biológica tales como este tipo de productos, son estructuralmente y reologicamente complejos; consisten en mezclas de sólidos y líquidos. Por lo tanto, fundamentalmente los estudios reológicos se concentran en el estudio de la deformación y flujo de las sustancias y en forma particular al área de transición que existe entre el sólido y el fluido, intentando definir la relación entre el esfuerzo que actúa sobre la sustancia y la deformación o flujo resultante que toma lugar. Muchas pruebas reológicas involucran la aplicación de una fuerza externa a un material midiendo su flujo o cambio de forma. Algunas de las propiedades texturales que el hombre comienza a percibir cuando consume los alimentos son principalmente reológicas. Por ejemplo: la cremosidad, jugosidad, suavidad, fragilidad, dureza, esponjosidad, etc. La estabilidad y apariencia de los alimentos dependen frecuentemente de las características reológicas de sus componentes, como son emulsiones y pastas. Igualmente, el flujo de alimentos a través de tuberías o la facilidad por el cual ellos pueden ser empacados es altamente afectado por su reología.²

Las propiedades de flujo de los alimentos son indispensables para un gran número de propósitos tales como control de calidad, análisis estructural, aplicaciones de ingeniería de procesos y evaluación sensorial. Por lo tanto, el conocimiento de las propiedades reológicas de los alimentos bajo estas condiciones es esencial en el diseño y operación de unidades de transformación y de operación, así como también en el entendimiento de los procesos de transporte en la industria de los alimentos.³

La importancia de la reología en los alimentos significa que es esencial contar con técnicas analíticas y experimentales para medir estas propiedades. La técnica

² CIRO VELASQUEZ, Daniel José. Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos. Trabajo presentado a promoción como profesor asociado. Medellín. 2006. p.1.

³ CIRO VELASQUEZ, Daniel José. Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos. Trabajo presentado a promoción como profesor asociado. Medellín. 2006. p. 2.

instrumental es necesaria para el análisis rutinario de calidad y para estudios fundamentales en investigación y desarrollo. En la industria de alimentos, estos estudios reológicos ayudan a comprender mejor las relaciones entre las propiedades reológicas, la clase y concentración de los ingredientes que estos contienen. Este tipo de información permite optimizar los ingredientes y condiciones de procesamiento requerido para la producción y obtención de productos de alta calidad y rentables.⁴

Materias primas tales como las frutas y vegetales frescos requieren en ocasiones determinar de la dureza del fruto para su tratamiento posterior. En cuanto a productos intermedios como por ejemplo: pulpas de frutas, derivados del tomate y otros, las determinaciones de viscosidad y/o consistencia se encuentran normalizadas en muchas industrias.⁵ En la producción de helado, las mediciones de la viscosidad de la mezcla son indispensables, estas pueden determinar tanto los rendimientos industriales como la textura del producto terminado. En la producción de chocolate, las pastas fundidas y las coberturas son controladas además por mediciones reológicas y, de igual forma, los rendimientos y la textura del producto terminado pueden estar influenciados por el comportamiento del flujo de estos productos.

Para el caso del control de la calidad del producto terminado, se conoce que la textura representa una característica importante de calidad que puede influir en la aceptación por el cliente, tales son los casos de los productos crujientes como: snacks, botanas, galletas, panes de corteza dura, papas fritas, etc. Otros derivados de las harinas como las panetelas, tortas, productos de repostería, deben poseer una determinada textura suave y esponjosa que resulte agradable al cliente.⁶

En los néctares de frutas, yogur batido, cremas y sopas, salsas derivados del tomate y otros productos son requeridos con una viscosidad adecuada, siendo muy preferidas por el cliente. La consistencia y untuosidad de productos grasos como la margarina, mayonesa y mantequilla también resultan ser parámetros importantes en la calidad.⁷

⁴ CIRO VELASQUEZ, Daniel José. Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos. Trabajo presentado a promoción como profesor asociado. Medellín. 2006. p.1 y 2.

⁵ HOMBRE MORGADO, Roger. Reología y Textura de Alimentos Dirigido a la Industria del Chocolate. Centro de Documentación e Información Científico-Técnica Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. 2002. {disponible en}: https://www.ecured.cu/Reolog%C3%ADa_de_los_alimentos

⁶ HOMBRE MORGADO, Roger. Reología y Textura de Alimentos Dirigido a la Industria del Chocolate. Centro de Documentación e Información Científico-Técnica Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. 2002. {disponible en}: https://www.ecured.cu/Reolog%C3%ADa_de_los_alimentos

⁷ HOMBRE MORGADO, Roger. Reología y Textura de Alimentos Dirigido a la Industria del Chocolate. Centro de Documentación e Información Científico-Técnica Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. 2002. {disponible en}: https://www.ecured.cu/Reolog%C3%ADa_de_los_alimentos

1.1.2 Farmacéutica. La tecnología farmacéutica tiene que hacer uso de todas las herramientas a su alcance, que le permitan su caracterización, debido a su complejidad, especialmente aquellas que hacen referencia a las propiedades reológicas, debido a que son sistemas discontinuos formados por partículas individuales y su comportamiento depende de las características intrínsecas del material, como su estructura molecular o su pureza, y de un número considerable de propiedades físicas como: el tamaño, el flujo y su forma. Cabe resaltar el hecho de que la tecnología farmacéutica se relaciona con todos los procesos involucrados en las etapas de transformación de un fármaco en “Medicamento”, por ello Aulton plantea que “es esencial tener un conocimiento adecuado de las propiedades reológicas de los materiales farmacéuticos para poder preparar, desarrollar, valorar y utilizar las formas farmacéuticas”.⁸

La manipulación de la reología de formulación puede influir y por esto, puede controlar las características de rendimiento de las cremas, suspensiones y soluciones. Para las cremas y suspensiones tópicas, por ejemplo, la estabilidad durante el almacenamiento es clave. Si el producto se separa particularmente o si la separación genera una distribución desigual del ingrediente activo puede tener un rendimiento inconsistente a menos que sea efectivamente homogeneizado antes de su uso. En general, la viscosidad alta es favorable a la estabilidad del producto. La viscosidad alta le da “cuerpo” a una formulación y reduce la probabilidad de establecer y minimizar la influencia de otros mecanismos de separación. Durante el almacenamiento, el producto está sujeto solamente a la fuerza de gravedad, por lo tanto, las formulaciones con viscosidad alta en condiciones de cizallamiento bajas tienden a ser más estables.⁹

Los parámetros reológicos pueden utilizarse para modificar estas y otras propiedades que influyen directamente en la aceptación del cliente. Para los productos de spray nasal o inhalación, por otra parte, el tema principal es la correcta dispersión de la dosis durante el suministro. La reología de formulación y las características del dispositivo determinan en conjunto el tamaño de las gotas producidas. Los resultados muestran que las formulaciones más viscosas no se dispersan tan fácilmente y tienden a producir gotas más grandes y con menor estabilidad que aquellas de viscosidad más baja. Al manipular la composición de la formulación usando aditivos poliméricos por ejemplo es posible modificar la viscosidad del producto y darle el tamaño de partícula correcto con una bomba de aerosol nasal. Como con otras formulaciones, la viscosidad alta con cizallamiento

⁸ R. ARCHBOLD J, CABALLERO S. La enseñanza y aprendizaje del concepto de reología en la química farmacéutica: implicaciones en la elaboración de medicamentos sólidos. Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia. 2012. p 94.

⁹ DUFFY, John y CARRINGTON, Steve. Reología aplicada a la solución de problemas de la Industria Farmacéutica. Julio de 2008. {En línea}: <http://www.cas-instrumental.com.ar/articulo/reologia-aplicada-a-la-solucion-de-problemas-de-la-industria-farmaceutica.pdf>

bajo es preferible para la estabilidad del producto de los aerosoles nasales, y esta característica también mejora el comportamiento de deposición. Las gotas viscosas tienen más posibilidades de quedar retenidas en los pasajes nasales, mejorando la absorción. Sin embargo, la tixotropía es importante aquí también. Para impedir que el producto aplicado humedezca todo debe recuperar su viscosidad rápidamente. Además de sondear la viscosidad de una formulación sobre condiciones de cizallamiento diferentes y escalas de tiempo, también se puede sondear la microestructura del producto realizando mediciones viscoelásticas.¹⁰

Los farmacéuticos han visto cómo sus expositores se poblaban de nuevos productos y gracias a esto se cambiaba por completo su modelo de negocio, desde el diseño de la oficina hasta su gestión. Sin embargo, el giro de la industria farmacéutica hacia la cosmética no se limita a este hecho, sino que va mucho más allá.

Hay que tener en cuenta que, pese a ser uno de los sectores más potentes en facturación y generación de riqueza directa e indirecta y ser clave en el mantenimiento del estado del bienestar, y pese a haber resistido como pocos a la crisis, el sector farmacéutico ha tenido que reinventarse debido a múltiples factores. Por un lado, los cambios en la economía nacional y la caducidad de patentes han provocado la irrupción de los genéricos, la bajada de precios de fármacos tradicionales y el descenso, de los márgenes de los laboratorios.¹¹

1.1.3 Petroquímica. Los petroquímicos son productos químicos derivados del petróleo y del gas natural. Pueden encontrarse en prácticamente cualquier aspecto de la vida cotidiana en la forma de combustibles y aceites para automóviles, plásticos, pesticidas, fertilizantes, pinturas, detergentes, cosméticos, velas y mucho más. Sería prácticamente más fácil enumerar elementos que no contienen petroquímicos.

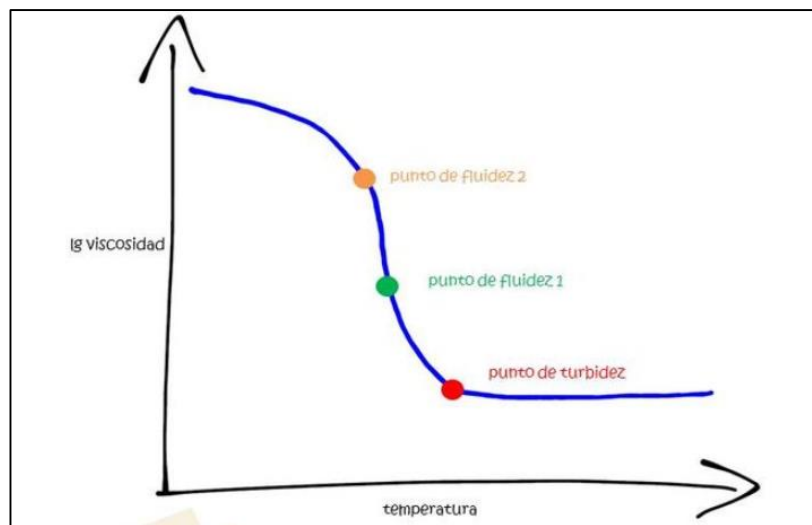
Cuando se habla de combustibles, comúnmente se hace referencia a combustibles líquidos como el petróleo (diésel, gasolina, querosén, etc.). Otros tipos de combustible incluyen combustibles sólidos (carbón, madera, estiércol, etc.) y combustibles gaseosos (gases naturales como propano, gas de carbón, gas de agua, etc.). En cuanto a combustibles líquidos, uno de los factores más importantes que influyen en su consistencia, además de la presión, es la temperatura. Durante el enfriamiento, hay tres puntos para describir el cambio de un combustible de un

¹⁰ DUFFY, John y CARRINGTON, Steve. Reología aplicada a la solución de problemas de la Industria Farmacéutica. Julio de 2008. {En línea}: <http://www.cas-instrumental.com.ar/articulo/reologia-aplicada-a-la-solucion-de-problemas-de-la-industria-farmaceutica.pdf>

¹¹ GESTEIRA PONCE, Alejandro. Industria farmacéutica e industria cosmética una relación de futuro.03-10-2017. {En línea}: <http://beautyclusterbarcelona.com/blog/industria-farmaceutica-e-industria-cosmetica-una-relacion-futuro/>.

estado líquido a sólido a bajas temperaturas y este comportamiento se puede describir en la figura 1. Comienza con el punto de turbidez, donde el combustible comienza a volverse turbio a causa del inicio de la cristalización de ceras y parafinas. El punto de fluidez describe el valor de viscosidad justo antes de que el combustible comience a solidificarse y alcance finalmente su punto de congelamiento. En otras palabras, el punto de fluidez es el punto en el que el combustible todavía muestra características de flujo. Este punto afecta el transporte del combustible en tuberías, por ejemplo, así como el uso en automóviles. El punto de fluidez de los combustibles diésel puede realmente verse influenciado por la adición de modificadores de cera que polarizan las moléculas de cera de modo que no formen cristales más grandes durante el enfriamiento.¹²

Figura 1 Puntos que describen el cambio de viscosidad de un combustible de estado líquido a sólido a diferentes temperaturas.



Fuente. PAAR, Anton. Petroquímicos:
<http://www.worldofrheology.com/es/industrias/petroquimicos/>

Prácticamente ninguna construcción mecánica o motor puede funcionar correctamente sin aceite de lubricación o grasa lubricante para evitar daños o roturas, y para reducir los costos de mantenimiento. Por lo tanto, no solo el punto de fluidez del aceite básico tiene una gran importancia, sino que también su textura.¹³

Algunas de las aplicaciones de la reología implementada en la petroquímica son:

¹² PAAR, Anton. Petroquímicos, [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/petroquimicos/>.

¹³ PAAR, Anton. Petroquímicos, [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/petroquimicos/>.

- Formulación de lubricantes.
- Perfiles de temperatura/viscosidad.
- Fluidos de perforación.

La hidráulica describe la manera en que el flujo de fluido crea y utiliza las presiones, en los fluidos de perforación, el comportamiento del flujo de fluidos debe ser descrito usando modelos reológicos y ecuaciones, antes de poder aplicar las ecuaciones de hidráulica.

La reología y la hidráulica facilitan la optimización del proceso de perforación. Estas propiedades físicas contribuyen a varios aspectos importantes para la perforación exitosa de un pozo, incluyendo:

- Control de las presiones para impedir el influjo de los fluidos de las formaciones.
- Transmitir energía a la mecha para maximizar la velocidad de penetración (ROP).
- Suspender los recortes durante los períodos estáticos.
- Permitir la separación de los sólidos perforados y el gas en la superficie.
- Extraer recortes del pozo.¹⁴

1.1.4 Pinturas. Las pinturas y los recubrimientos se usan para una gran variedad de fines. Además de proteger las superficies contra distintas influencias del entorno (radiación UV, humedad del aire, sustancias químicas, etc.), están por encima de todos los utilizados para decorar interiores y exteriores, o para funciones de mejora. Desde la producción hasta la aplicación de uso final, las materias primas como resinas, solventes, pigmentos y aditivos deben permanecer mezclados de forma uniforme. Además, deben permanecer estables durante los procesos de bombeo y el almacenamiento, así como después de la aplicación con cepillos, rodillos, pistolas rociadoras, etc. Por lo tanto, las mediciones reológicas de pinturas y recubrimientos son fundamentales para la evaluación de su calidad.¹⁵

Las materias primas líquidas, las pinturas y recubrimientos acabados se transportan a través de tuberías durante su producción y aplicación. El conocimiento del comportamiento del flujo a diferentes velocidades de cizalla es importante para el diseño del equipo deseado. Después de la aplicación, el comportamiento de nivelación y desplazamiento de una pintura o recubrimiento es fundamental para el resultado final. Para garantizar la nivelación óptima, los parámetros reológicos, como la viscosidad no deben establecerse demasiado altos ni demasiado bajos,

¹⁴ FLUIDOS UNSA. Reología e hidráulica de los fluidos de perforación. Mayo 2015. <http://fluidosdeperforacionfc.blogspot.com/2015/05/reologia-e-hidraulica-de-los-fluidos-de.html>

¹⁵ GIUDICE, Carlos. PEREYRA, Andrea. Control de Calidad de Película de Pinturas. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. Julio 2006. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/calidad.pdf>

para así evitar el desplazamiento. Por lo tanto, el comportamiento reológico en función del tiempo del material debe equilibrarse para alcanzar el resultado deseado. Estas características con frecuencia se conocen como comportamiento tixotrópico. Si los pigmentos y rellenos dispersos no permanecen en suspensión y, por lo tanto, muestran sedimentación, acumularán una capa de sedimento en la parte inferior del contenedor. Finalmente, esto generará inhomogeneidad en la pintura o el recubrimiento.¹⁶

El desarrollo progresivo a lo largo de varias décadas hizo que las capacidades de estudio de la reometría mejoraran considerablemente y extendió la gama de materiales para los cuales la reometría que fue tradicionalmente una técnica asociada con las fundiciones de polímeros puede ofrecer información de gran valor. Sin embargo, puede ser difícil lograr el potencial total de un sistema sin la experiencia necesaria, y esto explica por qué un cambio en la interfaz de cada usuario promete tanto. La necesidad de ofrecer la reología de manera tal que cumpla con los requerimientos de todos los usuarios llevó al desarrollo de una interfaz más inteligente e intuitiva para el desarrollo de análisis en cuanto a pinturas y recubrimientos. El espesor de la película de pintura debe conocerse para su correcta aplicación. La naturaleza del sustrato y las características del medio agresivo definen un espesor óptimo para cada sistema de pinturas. Altos espesores aseguran buenas propiedades de flujo, satisfactorio poder cubriente y reducida permeabilidad al vapor de agua, gases, etc.¹⁷

La viscosidad en reposo exige una estabilidad para evitar la sedimentación de cargas y pigmentos. Para tal efecto se incorporan productos inorgánicos como óxidos de sílice pirogénica. Al trabajar con este tipo de espesantes hay que tener en cuenta su posible sensibilidad a electrolitos y disolventes y al pH del sistema y tener en cuenta las precauciones indicadas por los proveedores. Una reología muy particular se aprovecha en “pinturas plásticas sólidas” en las cuales la viscosidad de reposo es particularmente alta, de manera que la pintura da la apariencia de ser sólida. La viscosidad aparente de las pinturas se ajusta generalmente con espesantes celulósicos y con espesantes acrílicos. Estos espesantes se componen de polímeros de alto peso molecular solubles en agua que forman una masa gelatinosa. Esta estructura determina sus propiedades de espesar el agua y proporcionar una reología pseudoplástica, pero también de estabilizar cargas y

¹⁶ GIUDICE, Carlos. PEREYRA, Andrea. Control de Calidad de Película de Pinturas. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. Julio 2006. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/calidad.pdf>

¹⁷ GIUDICE, Carlos. PEREYRA, Andrea. Control de Calidad de Película de Pinturas. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. Julio 2006. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/calidad.pdf>

pigmentos evitando su sedimentación y aportando una retención de agua al secar la pintura que causa un tiempo prolongado.¹⁸

La aplicación con rodillos o brochas debe ser bien estudiada, esta debe fluir fácilmente pero el flujo debe cesar casi por completo una vez que ha sido aplicada para evitar que esta se disperse sobre la pared. Por lo general, la pintura se rinde mezclando con algún tipo de solvente como el agua, pero esto minimiza la calidad del producto al momento de ser aplicado y su tiempo de vida media puede ser menor. Otro ejemplo donde está involucrado la reología es en la atomización de la pintura, esta se consigue a través de un compresor que suministra aire a la pistola. En la zona de la boquilla se produce un efecto "Venturi" y por este medio se mezcla la pintura con el aire para poder ser proyectada sobre la superficie. En la atomización se debe tener en cuenta la viscosidad, esta hace que el fluido resista a la agitación. El efecto es similar a la tensión superficial, evita su separación y en consecuencia el tamaño de las gotas es mayor. A mayor viscosidad se necesita mayor energía para la atomización. Para la atomización de fluidos de baja a media viscosidad se suelen utilizar sistemas aerográficos, y para fluidos de alta viscosidad se utilizan generalmente sistemas que combinan una unidad de bombeo con una pistola de pulverización.¹⁹

1.2 OPORTUNIDADES DE LA REOLOGÍA

El aumento en la demanda de alimentos en el mundo es una gran oportunidad para el sector agroindustrial colombiano. Mientras que el mundo debate acerca de la creciente demanda mundial de alimentos y las transformaciones que ella implica en el entorno de los negocios, en Colombia el debate agrícola es dominado por los intereses preelectorales. Poco se habla de planes para convertir el campo colombiano en la despensa del mundo.

Uno de los temas que más se discute en el Foro Económico Mundial que se realiza en Davos (Suiza), es el de la creciente demanda de alimentos que tiene particular importancia para Colombia. El aumento de la población mundial y el crecimiento económico, en particular en los países emergentes, transformará la demanda global de alimentos. Se estima que para el año 2030 la población mundial llegará a aproximadamente unos 8 300 millones de personas. Cada individuo comerá 45 kilogramos de carne en promedio al año, el doble del promedio de 1965, y el consumo anual de aceite alcanzará los 105 mil millones de toneladas aproximadamente. Para 2050, la población habrá aumentado en otros mil millones

¹⁸ SCHWEIGGER, Enrique. Manual de pinturas y recubrimientos. Alemania. 2005. p 90-93.

¹⁹ EuroFlow. Atomización de pinturas líquidas [En línea], [revisado el 30 de enero de 2019]. Disponible en: <http://euroflow.com.ar/atomizacion-de-pinturas-liquidas.html>

de habitantes y la demanda de alimentos se habrá duplicado. Alimentar al mundo en ese futuro cercano impondrá grandes retos a la economía global y generará fuertes tensiones. Para Colombia, esta sería una oportunidad extraordinaria ya que posee un enorme potencial agrícola.²⁰

El negocio petroquímico e industrial de la petrolera colombiana alcanzó un nivel de facturación de \$3.4 billones. La producción de ésta representa el 62 % del negocio del grupo empresarial, destaca informe corporativo presentado en el periódico EL ESPECTADOR presentado el 12 de agosto de 2018. Grandes petroleras dan giro hacia la petroquímica.²¹

En la discusión mundial sobre el uso futuro del petróleo, este combustible puede desaparecer como energético, pero como materia prima de bienes y servicios nunca se va a ir del diario vivir de las personas. Las grandes multinacionales de hidrocarburos consideran que los compuestos petroquímicos son vitales para obtener mayores ganancias por cada barril de crudo extraído. Este es ahora el nuevo propósito, y en Oriente Medio ha comenzado una fiebre por el desarrollo de la industria petroquímica. En Colombia existe una producción petroquímica que atiende en buena medida las materias primas para la industria de los plásticos. En el país, el desarrollo de la petroquímica asociada a la producción petrolera ha estado liderado por Ecopetrol.²²

La demanda en el mercado global de recubrimientos industriales aumentará a una tasa compuesta anual de 5.8% entre los años 2017 y 2022, según un estudio realizado por la consultora Transparency Market Research (TMR). Se estima que en 2022 los ingresos en este mercado alcanzarán una valoración de 41.680 millones de dólares (M/dol.) aproximadamente y, sensiblemente superior a los 31.470 (M/dol.) de 2017. En el futuro cercano se estima un escenario muy competitivo, en este existen numerosos “actores” y las principales compañías se centran en expandir su presencia geográfica, mejorar sus instalaciones de producción teniendo en cuenta que aparecerán nuevos productores.²³

²⁰ Revista dinero. Demanda de alimentos y oportunidades. Por Editorial. 2/5/2010. {Disponible en}: <https://www.dinero.com/edicion-impres/editorial/articulo/demanda-alimentos-opportunidades/90481>

²¹ SAENZ, Jorge. 12 Ago 2018. {en línea}: <https://www.elspectador.com/economia/grandes-petroleras-dan-giro-hacia-la-petroquimica-articulo-805787>

²² CHAVERRA, Duvan. Expectativas del mercado mundial de recubrimientos industriales. 28 de noviembre 2017. {en línea}: <https://www.inpralatina.com/201711287248/noticias/empresas/expectativas-del-mercado-mundial-de-recubrimientos-industriales.html>

²³ CHAVERRA, Duvan. Expectativas del mercado mundial de recubrimientos industriales. 28 de noviembre 2017. {en línea}: <https://www.inpralatina.com/201711287248/noticias/empresas/expectativas-del-mercado-mundial-de-recubrimientos-industriales.html>

Enormes sumas de dinero de compañías farmacéuticas se encuentran destinadas a la investigación de fármacos que ayudan en la lucha contra las enfermedades. Reconocidos departamentos de ciencia básica en universidades alrededor del mundo trabajan para desarrollar nuevas rutas de síntesis que sean menos costosas ambientalmente. Prestigiosos congresos se centran en el estudio de energías alternativas y de la evolución de la cantidad de petróleo a corto y mediano plazo, y grupos científicos de renombre apuntan al diseño de nuevos materiales que hagan más acogedora y larga nuestra vida.

1.3 NORMATIVIDAD ACTUAL

1.3.1 Laboratorio de reología en Colombia. Existen diferentes clases de laboratorios como lo son: clínicos, farmacéuticos, fisicoquímicos, microbiológicos, de alimentos, para aguas y en general para la mayor parte del mercado. En Colombia, no existen laboratorios que cumplan con todas las necesidades básicas para que se pueda desarrollar un laboratorio de reología. Actualmente, existen entidades que poseen algunos instrumentos que determinan o realizan ciertos análisis para las diferentes propiedades reológicas. En este caso se hablará de una de ellas como es la viscosidad y en la cual existen varios laboratorios a lo largo del país. En total se reportan 10 laboratorios para análisis de viscosidad aproximadamente, de los cuales 5 se encuentra ubicados en Bogotá. Según su ubicación en el país las tres mayores ciudades en las que se encuentran presentes los laboratorios de viscosidad son Bogotá, Cartagena y Medellín.

Laboratorios de viscosidad en Colombia:

Bogotá:

- Instituto Nacional de Metrología de Colombia
- Centro colombiano de tecnología (Transversal 1 Este N° 57-88 Of. 101). Edificio Copérnico Tel: +57(1) 467 3792 / 467 3776
- Delta oíl (Carrera 124 # 17-94). Tel: +0571 4181624
- Organización TERPEL S.A (Carrera 7 # 75-51 oficina 13-1)
- Metrilab (Calle 44 No. 15A- 64)

Medellín:

- Centro colombiano de tecnología (Cr 43A N° 18 Sur 135 Of. 732). Centro Empresarial Sao Paulo Tel: +57(4) 314 0035 / 313 8144
- Laboratorio metrológico de Antioquia (Carrera 46A #38B sur- 48 Envigado). Tel: 3103712864
- ANAYCO S.A.S (Cr. 83a #33 – 86)

Cartagena:

- Intertek. certificado de acuerdo a las normas ISO 9001:2008, OSHAS 18000 y por el Consejo Colombiano de Seguridad (CCS); además participa en los programas interlaboratorios, con organizaciones como oleoductos, compañías petroleras y entidades internacionales.

1.3.2 Normas básicas para laboratorios. Es necesario tener en cuenta que la normatividad empleada para desarrollar cada una de las industrias es muy diferente y por esto se mencionan algunas de las normativas más importantes para cada una de estas tomándolas como base para el desarrollo del laboratorio que desea implementarse en el instituto nacional de metrología de Colombia.

La NTC 6018 se encarga de indicar las etiquetas ambientales tipo I la cual informa los criterios ambientales para pinturas y materiales de recubrimiento en donde su principal propósito es promover la oferta y la demanda de productos y servicios que causen menor impacto al ambiente mediante la comunicación de información verificable, exacta y no engañosa. La presente norma se enmarca en la implementación del esquema del sello ambiental colombiano, cuya reglamentación de uso se estableció mediante la resolución 1555 de octubre de 2005 de los ministerios de ambiente, vivienda y desarrollo territorial y comercio, industria y turismo. Este sello puede otorgarse a servicios prestados y productos elaborados, importados o comercializados en el país, que deseen portarlo y cumplan los criterios ambientales establecidos previamente como documentos referentes. Frente a los que se certifican dichos productos.

El INVIMA es la entidad encargada de vigilar e inspeccionar a los productores y comercializadores alimentos y medicamentos en Colombia regido por el artículo de la ley 100 de 1993 y en las demás normas que lo modifiquen o adicionen, sin perjuicio de las que en estas materias deban adelantar las entidades territoriales durante las actividades asociadas con la producción, importación, exportación y disposición para consumo.

Para un funcionamiento eficaz de los laboratorios es la aplicación de la norma ISO/IEC 17025 que facilita los procesos de análisis y medición. Estas normas son de gran utilidad, especialmente cuando se necesiten generar comunicación entre los laboratorios, las entidades públicas, organismos de certificación y acreditación y los clientes que hacen uso del servicio. Una de las funciones fundamentales en estos laboratorios es el aseguramiento de la calidad en los laboratorios y su acreditación, para ello, se crea grupos de trabajo como medio para la búsqueda de soluciones técnicas, validaciones, calibraciones y comparaciones de resultados.

La norma Internacional ISO 9001 es la base para el control de calidad de variedad de sustancias, entre ellas las involucradas con la petroquímica y está enfocada a la consecución de la calidad en una organización mediante la implementación de un

método o Sistema de Gestión de la calidad (SGC). Esta norma se ha convertido desde el año 2002 en un referente de la calidad a nivel mundial con más de Un millón de empresas certificadas. En la norma ISO 9001 se establecen los requisitos de Un Sistema de gestión de la calidad, que permiten a una empresa demostrar su capacidad de satisfacer los requisitos del cliente y para acreditar de esta capacidad ante cualquier parte interesada.

La identificación sistemática y la gestión de los diferentes procesos empleados dentro de la empresa, y particularmente las interacciones entre tales procesos se pueden referir como “gestión por procesos” en su ámbito de aplicación. La norma ISO 9001 estimula la adopción de la gestión por procesos como medio de identificar claramente y gestionar el Sistema de Gestión de la Calidad y las oportunidades para la mejora.

1.3.3 ISO 17025 y ONAC. NTC- ISO/IEC 17025:2005. En 1999 se creó la norma ISO/IEC 17025, aprobada por la ISO y la IEC dada la necesidad de crear un sistema para el control de los laboratorios y su cooperación entre los organismos de control y los laboratorios que facilitara el intercambio de información y el cumplimiento de las normas y procedimientos. Dicha norma fue establecida basándose en la Guía ISO/IEC 25 y la Norma EN 45001 quienes establecen los requerimientos necesarios para los laboratorios de ensayo y calibración, y en la norma ISO 9001:2000 que asegura una alta calidad frente a los procesos aplicados.²⁴ La ISO/IEC 17025 es una norma internacional que establece los requisitos principales para la realización de ensayos y muestreos, ésta norma es válida para los laboratorios de ensayo y calibración sin importar su alcance y capacidad. Se establecen tres clases de laboratorios:

- **Laboratorio de Primera Parte.** Hacen parte de una organización, pertenecen a un área dependiente de la organización y de la producción de la planta, solo se encarga de actividades metrológicas exclusivas para la empresa.
- **Laboratorio de Segunda Parte.** Hace parte de una organización, pero ésta presta el servicio a diferentes plantas.
- **Laboratorio de Tercera Parte.** Su objetivo principal son las actividades de calibración de forma independiente a una organización, se encuentra conformada en tres áreas básicas: calidad, metrología y administración.

Según esta clasificación, el laboratorio que se desea analizar se encuentra dentro de la clasificación de los laboratorios de tercera parte, debido a que éste prestará

²⁴ ICONTEC. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NTC-ISO/IEC 17025. Bogotá D.C. El instituto,2005, lp

servicios de ensayo y calibración a diferentes empresas u organizaciones, para ello, ésta norma dispone los siguientes requisitos:

Relativos a la Gestión, el laboratorio debe tener en cuenta aspectos como:²⁵

- Organización del laboratorio, que permita un adecuado desarrollo de actividades de ensayo y/o calibración enfocadas en las necesidades del cliente.
- Sistemas para la gestión, a través de las políticas y objetivos de calidad se desarrollen programas y procedimientos que garanticen la calidad en los procesos.
- Control de documentos, necesarios para soportar el sistema de gestión.
- Revisión de pedidos ofertas y contratos, con el fin de establecer claridad de los servicios que se ofrecen y los procedimientos que se van a realizar.
- Procedimiento para la subcontratación que garantiza su competencia.
- Compras de servicios y suministros porque debe asegurarse que dichas adquisiciones aumentan positivamente la calidad de los procesos.
- Servicio al cliente, con el que se garantiza un adecuado seguimiento.
- Quejas, donde se establezca un procedimiento que analice dichas opiniones.
- Control de trabajos de ensayos y/o calibraciones no conformes, indispensable para detectar las causas de las no conformidades.
- Mejora, indispensable para aumentar la eficiencia del sistema de gestión.
- Acciones correctivas, se eliminan las causas y las no conformidades.
- Acciones preventivas, eliminan causas de posibles no conformidades.
- Control de los registros
- Auditorías internas, revisiones por la dirección

Requisitos Técnicos, se debe tener en cuenta:

- Personal, se asegura la competencia de la organización.
- Instalaciones y condiciones ambientales adecuadas.
- Métodos de ensayo y de calibración y validación de métodos, en el que se debe tener claridad en los procedimientos a realizar.
- Equipos, que garanticen la correcta ejecución de los ensayos.
- Trazabilidad en las mediciones, incluye aspectos de calibración y patrones y materiales de referencia con las que se respaldan los resultados obtenidos.
- Muestreo, su procedimiento debe ser claro y de acuerdo a las normas.
- Manipulación de los ítems de ensayo y calibración, donde debe establecerse cada aspecto del proceso y su manipulación

²⁵ ICONTEC. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NTC-ISO/IEC 17025. Bogotá D.C. El instituto,2005, lp

- Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y/o calibración, donde se verifica la validez de los procesos realizados.
- Informe de resultados.

ISO/IEC 17025 versión 2017: En esta nueva versión de 2017, se ha querido tener en cuenta y considerar, los cambios que han sufrido tanto las condiciones de mercado como la tecnología.

Esta ISO/IEC 17025:2017 comprende las actividades y nuevas formas de operar en los laboratorios de hoy en día. De igual modo, cubre los cambios de vocabulario y los avances en las técnicas de TI, sin olvidar que tiene en consideración la última versión de la ISO 9001 publicada en septiembre de 2015, para los Sistemas de Gestión de Calidad.

Desde 1999, y con los años, la ISO/IEC 17025 se ha convertido en el estándar de referencia internacional para los laboratorios de ensayo y calibración con ganas de demostrar su capacidad para obtener resultados confiables.²⁶

La norma tiene una amplia aplicabilidad y es, probablemente, uno de los estándares más populares que la norma ISO ha elaborado, de hecho, puede emplearse en cualquier entorno y es posible usarla en cualquier circunstancia de laboratorio.

Los cambios que muestra la ISO/IEC 17025 en su última versión²⁷:

- La revisión del alcance ha permitido que se cubran los ensayos, la calibración y el muestreo vinculado con la calibración y las pruebas subsiguientes.
- El enfoque a procesos concuerda con el resto de las normas ISO recientemente revisados, como es el caso de ISO 9001.
- Su enfoque a tecnologías de la información se ve reforzado, incluyendo el uso de sistemas informáticos, registros electrónicos y producción tanto de resultados como de informes en formato electrónico.
- También en uno de sus capítulos, incorpora el enfoque basado en riesgo.

La nueva versión está conformada por 8 puntos:

- El **punto 1** brinda el alcance y, salvo algunos detalles menores y modificaciones en la redacción es muy similar al de la versión anterior.
- El **punto 2** en esta ocasión también hace mención a las referencias normativas. se agrega la ISO 9000 como referencia y se mantienen las anteriores.

²⁶ SCHORN, SIDNEY, MERKEL. ISO/IEC 17025: Nueva versión 2017. 12 diciembre 2017. {disponible en}: <https://www.isotools.org/2017/12/12/iso-iec-17025-nueva-versión-2017/>.

²⁷ BORJA. 7 de dic de 2017. ISO/IEC 17025:2017- Características y novedades de la versión de 2017. <http://arrizabalagauriarte.com/iso-iec-170252017-caracteristicas-novedades-la-version-2017/>

- El **punto 3** establece términos y definiciones, basándose en los documentos mencionados en el punto 2, aunque por comodidad indica explícitamente las definiciones completas de varios términos de uso habitual.

De aquí en adelante comienzan las diferencias sustanciales en la estructura de la norma:²⁸

- El **punto 4** habla de los requerimientos generales. estos puntos fueron mencionados en varias oportunidades en la versión anterior, pero en esta se dedicó una sección completa.
- El **punto 5** establece los requerimientos estructurales. Aquí se define como debe estar estructurado el laboratorio y cómo debe interactuar con el entorno.
- El **punto 6** define los requerimientos de los recursos: el personal, equipamiento, condiciones ambientales y trazabilidad metrológica.
- El **punto 7** indica los requerimientos de los procesos: revisión de los contratos, métodos de muestreo, evaluación de incertidumbre, expresión de los resultados, manipulación de los ítems de calibración y validación de los métodos.
- El **punto 8** detalla los requerimientos de gestión: control de documentos y registros, mejora, acciones correctivas, auditorías internas, y revisión por la dirección. como requisito nuevo, se exige el abordaje de los riesgos y las oportunidades. otra diferencia es que la norma permite dos alternativas en función de la actividad del laboratorio. para complementar con la ISO /IEC 17025 nueva versión debemos:
 - **opción A:** cumplir los requisitos de gestión indicados explícitamente (control de documentos y registros, mejora, acciones correctivas, auditorías internas y revisión por la dirección). al igual en la nueva versión de la ISO 9001 desaparece el concepto de acción preventiva.
 - **opción B:** contar con un sistema de gestión de la calidad existente bajo ISO 9001, lo que exceptúa el verificarlo en ISO/IEC 17025, ya que se supone que con ISO 9001 ya se contemplan dichos requerimientos.

En el anexo A es posible observar la tabla comparativa entre la versión anterior ISO/IEC 17025:2005 y la nueva versión ISO/IEC 17025:2017:

Acreditaciones por el ONAC. La ONAC es el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia por designación del gobierno nacional constituido en el 2007 y presta el servicio de acreditación a los organismos de evaluación de la conformidad, contribuyendo así al desarrollo de Colombia, a promover la competitividad empresarial, a proteger los intereses de los consumidores en cuanto a calidad y

²⁸ BORJA. 7 de dic de 2017. ISO/IEC 17025:2017- Características y novedades de la versión de 2017. <http://arrizabalagauriarte.com/iso-iec-170252017-caracteristicas-novedades-la-version-2017/>

seguridad de los productos y servicios que se les ofrece y a facilitar el comercio, mediante la suscripción de los acuerdos internacionales de reconocimiento a la acreditación.

Los organismos y laboratorios son certificados bajo los siguientes criterios²⁹:

- Organismo de Inspección: ISO/IEC 17020: 1998.
- Laboratorios de ensayo y laboratorios de calibración: ISO/IEC 17025:2005.
- Laboratorios de médicos o clínicos: ISO 15189:2007.
- Organismos de certificación de personas: ISO/IEC 17024:2003.
- Organismos de certificación de producto: ISO/IEC 65:1996.
- Organismo de certificación de sistemas de gestión: ISO/IEC 17021:2011.

El procedimiento para la acreditación se realiza de la siguiente forma:

- Revisión de solicitud y elaboración de la cotización.
- Cotización de la acreditación.
- Designación del equipo evaluador y programación de la evaluación.
- Proceso de evaluación y revisión de la documentación y registros.
- Decisión sobre la acreditación.
- Certificado de acreditación y vigencia de la acreditación.

1.3.4 Normas de calidad. De acuerdo a las necesidades que surgen actualmente en cuanto a la reología, es necesario mencionar la normatividad que debe ser tenida en cuenta en cuanto a cada una de las industrias que se mencionaron debido a que cada una es muy diferente. Así mismo, dichas industrias cuentan con una gran demanda en el mercado nacional permitiendo obtener información clave a la hora de manejar o trabajar con cada una de estas sustancias y por lo tanto es necesario conocer por medio de la normativa si son necesarios los análisis de cada una de las sustancias y dar cumplimiento con cada una de las normas que se mencionaran a continuación.

ALIMENTOS

En Colombia, el INVIMA trabaja con normas técnicas para cada tipo de alimento basadas en las reglamentaciones de la NTC y este a la vez lo comparan con las normas dadas por CODEX que es una entidad que maneja normas y

²⁹ Reglas del servicio de acreditación. ONAC. Versión 07. [17-09-12]. Disponible en la web: [http://www.onac.org.co/anexos/documentos/DOCUMENTOSONAC/\(R-AC01%20Versi%C3%B3n%2007\).pdf](http://www.onac.org.co/anexos/documentos/DOCUMENTOSONAC/(R-AC01%20Versi%C3%B3n%2007).pdf)

recomendaciones internacionalmente reconocidas relacionadas con los alimentos, la producción de los alimentos y la inocuidad. Algunas de las clasificaciones son:³⁰

- **Productos lácteos.** Un producto lácteo es aquel que se obtiene a partir del tratamiento o proceso cuya materia prima principal, la leche, puede contener aditivos alimentarios y otros ingredientes necesarios para su fabricación. La leche y sus derivados son productos muy utilizados en la industria alimentaria, tanto para el consumo directo, como para ser parte de otros alimentos procesados, es por ello, que la leche es sometida a diferentes procesos como condensación, deshidratación, desmineralización, clarificación, pasteurización, homogeneización, entre otros, motivo por el cual los requisitos de calidad son más rigurosos para estos tipos de alimentos. Para esta investigación, algunos de los productos lácteos requieren de análisis reológicos y tienen su diferente reglamentación como pueden ser:
 - **NTC 930.** Productos lácteos, crema de leche. Establece los requisitos que debe cumplir la crema de leche, la crema de leche para batir, la crema de leche batida o montada, la crema de leche en polvo, que se destinan para el consumo directo y que han sido sometidas a pasteurización, esterilización o ultra alta temperatura (UHT).
 - **NTC 734.** Productos lácteos, Mantequilla. establece los requisitos que debe cumplir la mantequilla destinada al consumo directo o una elaboración posterior.
- **Productos cárnicos.** La carne y los productos cárnicos hacen referencia a los músculos y esqueletos de los animales incluyendo glándulas y órganos, también hacen parte subproductos derivados del sacrificio, con los que se realizan los embutidos y otros productos. La textura es un factor de aceptabilidad muy importante para la aprobación de algunos alimentos por parte del consumidor. Una propiedad importante del alimento que se asocia con la textura es su comportamiento reológico.³¹

La blandura de la carne es una parte fundamental en cuanto a la aceptabilidad o rechazo por parte del consumidor, y depende de un gran número de factores biológicos intrínsecos, tales como raza, edad, sexo, tipo de músculo, y extrínsecos, como la alimentación. Los productos cárnicos contienen nutrientes indispensables para el ser humano, ellos son sometidos a diferentes procesos como maduración, curado, ahumado, congelación que requieren de buenas prácticas para su manipulación, tratamiento y almacenamiento. Algunas de las normas exigidas para este sector son:

³⁰ INVIMA. Manual de normas técnicas de calidad. Guía de productos lácteos. Tercera revisión. Bogotá 2002. p 24.

³¹ INVIMA. Manual de normas técnicas de calidad. Guía de productos cárnicos. Tercera revisión. Bogotá 2002. p 16.

- **NTC 1352.** Industrias alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados. Establece los requisitos que deben cumplir los productos cárnicos procesados no enlatados.
 - **NTC 1629.** Industrias alimentarias. Gelatina. Establece definiciones, requisitos físicos, químicos, microbiológicos, ensayos, empaque y rotulado.
 - **NTC 1707.** Industrias alimentarias. Extracto de carne. Esta norma establece las características que debe cumplir el extracto de carne vacuna.
- **Grasas y aceites.** Las grasas y aceites comestibles son aquellos productos constituidos por glicéridos (triglicéridos) de ácidos grasos de origen vegetal o animal. Las margarinas son aquellos constituidos por emulsión de aceites y grasas comestibles. Algunas de las normas que deben ser aplicadas para grasas y aceites son:
 - **NTC 289.** Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación del índice de refracción (ISO 6320).

FARMACÉUTICA

Como se mencionó anteriormente, la entidad encargada de la vigilancia de esta industria es el INVIMA para esto tiene un manual de normas técnicas de calidad o guía técnica de análisis donde comprenden todo tipo de fármacos. Para esta investigación se va a manejar principalmente los medicamentos líquidos y semisólidos, siendo estos, a los que más se les realizan análisis reológicos.³² Para cada una de las clasificaciones, el INVIMA se encarga específicamente de vigilar la rotulación (como el nombre comercial y genérico, el registro sanitario entre otros) la descripción del tipo de empaque, los ensayos biológicos y los ensayos físicos y fisicoquímicos los cuales son claves para esta investigación. En el anexo B es posible observar la clasificación de los medicamentos.

PINTURAS

En esta industria hay dos normas técnicas esenciales para esta investigación en donde menciona requerimientos específicos de las pinturas para antes y durante la aplicación, toma de muestras, ensayos, determinación de viscosidad, entre otros.³³

- La NTC 5828 tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir las pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia, empleadas para recubrir superficies tales como mampostería, pañete, estuco y materiales de fibrocemento en exteriores, con fines de protección y decorativos, y respecto

³² INVIMA. Manual de normas técnicas de calidad. Guía de técnica de análisis. Tercera revisión. Bogotá 2002. p 12.

³³ ICONTEC. Pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia. Bogotá, D.C. 2011-01-19. p

a la pintura al agua tipo emulsión Tipo 1. Una referencia normativa clave para esta investigación es la NTC 559, Pinturas. Determinación de la viscosidad en unidades Krebs (Ku) para medición de la consistencia de las pinturas, mediante el viscosímetro Stormer.

- La NTC 1335 tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir las pinturas al agua tipo emulsión (blancas y de color), empleadas para recubrir superficies tales como mampostería, pañete, estuco y materiales de fibrocemento, con fines de protección y decorativos. Al igual que en la anterior, la referencia normativa necesaria para esta investigación es la NTC 559, Determinación de la consistencia de las pinturas mediante el viscosímetro Stormer.

PETROQUÍMICA

ISO/TS 29001: 2010 es un sistema de gestión de la calidad que proporciona requisitos para el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio de productos para las industrias del petróleo, la petroquímica y el gas natural. Este estándar está diseñado para ayudar a estas organizaciones a garantizar que cumplan con todos los requisitos de los clientes y partes interesadas.

Las ventajas de la ISO 29001 son principalmente:

- Es símbolo de compromiso con la seguridad personal y social por parte de estas industrias.
- Proporciona integridad operacional necesaria para la protección del medio ambiente y de la continuidad del negocio.
- Incorpora los requisitos exigidos por la norma ISO 9001, aspecto imprescindible para las organizaciones que también deben mantener un SGC compatible con ISO 9001 para ciertos clientes.
- Encamina a las industrias implicadas hacia el camino del desarrollo de sistemas de gestión de la calidad, estableciendo previsiones de posibles defectos y la reducción de costes innecesarios.

La ISO/TS 29001 ha sido aceptada como el requisito esencial para los sistemas de gestión de la calidad en el sector de exploración y producción de la industria petrolera y del gas natural. Esta norma está ganando aceptación en el sector de refinación y se está posicionando seriamente en el sector de los gasoductos.

La aceptación generalizada de la ISO 29001 conlleva que tanto las organizaciones de este sector como sus proveedores, deban tener un SGC funcionando que cumpla con los requisitos exigidos para ser siquiera considerados como una fuente viable de suministro en la industria del petróleo y gas natural.

La norma ISO / TS 29001: 2010 es aplicable a las siguientes organizaciones:

- Organizaciones involucradas en la exploración, producción, tuberías y transporte, y refinación de productos de petróleo y gas natural.
- Organizaciones involucradas en el diseño, fabricación, instalación, servicio y reparación de equipos utilizados en la exploración, producción, transporte y refinación de productos de petróleo y gas natural.
- Organizaciones que brindan servicios técnicos, operativos y de soporte a los diversos sectores de la industria identificados anteriormente.

1.3 PERFIL DE LOS LABORATORIOS

Un laboratorio es el conjunto de personas, local, instalaciones, aparatos y materiales necesarios para obtener productos, realizar ensayos o análisis químicos, físicos o microbiológicos. (Investigación, análisis, enseñanza, etc.); estas características hacen que sea peculiar, entrañado un riesgo de accidente o enfermedad profesional. Todo proyecto de creación o reforma de un laboratorio debe tratar de conjugar los aspectos de seguridad y funcionalidad con los económicos, al objeto de conseguir optimizar la inversión. Será necesario además cumplir con la normatividad vigente. El diseño parte de la disposición adecuada de los departamentos. Un departamento es un conjunto de recintos, dependencias o locales como son los laboratorios, vestuarios, pasillos, despachos, almacenes unidos físicamente entre sí. Los aspectos que será necesarios controlar serán:³⁴

- Un aspecto básico que tiene en cuenta la normativa es la mínima resistencia al fuego (RF) de los materiales utilizados, tanto en la estructura como en el mobiliario.
- Laboratorios requeridos.
- A qué va a dedicarse cada laboratorio.
- Número de personas que trabaja en cada laboratorio.
- Cantidad de productos a almacenar, riesgos e incompatibilidades.

Condiciones ambientales: En los laboratorios es necesario controlar el ambiente debido a la existencia generalizada de vapores o microorganismos, en ciertas ocasiones, muy peligrosos para la salud.

Ventilación: (El 75% de las muertes en incendios son debidas a asfixia por CO y otros gases, el 25% a llamas y temperatura). La ventilación debe ser por tanto

³⁴ Equipo de profesores del centro de documentación, Laboratorio (desarrollo de los temas), [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/312/TEMA%20MUESTRA.pdf. páginas 4,5,6.

adecuada a través de ventanas, puertas, extractores y campanas de gases. El sistema de extracción más costoso se presenta cuando los laboratorios están en planta baja, pero es el sistema idóneo para evacuación, aprovisionamiento y eliminación de residuos.

Temperatura: Algunos laboratorios requieren sistemas ambientales que mantengan la temperatura en torno a 18°C y la humedad relativa sin sobrepasar el 80%, debido a que existen muchos focos de calor: estufas, muflas, etc. Un ejemplo es un laboratorio donde se manejan explosivos.

Iluminación: El laboratorio debe disponer de iluminación adecuada, a ser posible natural. Cuando sea necesario utilizará la luz artificial que tenga un flujo luminoso por unidad de superficie adecuado según el trabajo a realizar: detalles, tiempo de exposición al trabajo, distancia de observación.

Presión: Es otro factor importante, será necesario controlarla en determinados casos. Ejemplo laboratorios ligeramente presurizados cuando existe exceso de polvo o producto químico.

2. ANÁLISIS DEL ENTORNO DEL SECTOR INDUSTRIAL CON BASE EN LA REOLOGÍA EN COLOMBIA

2.1 NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA (INM)

Los análisis reológicos han sido fundamentales para determinar la calidad de los productos a nivel industrial, provocando que los laboratorios necesiten conocer los procesos que deben realizar. Una ayuda fundamental con respecto a la metrología es la trazabilidad en las mediciones. Según el vocabulario internacional de metrología (VIM), la trazabilidad se define como: “propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.” De la anterior definición es posible atribuir que la trazabilidad es una propiedad del resultado que entrega un instrumento o un sistema de medición, es decir, un atributo no del instrumento sino de la respuesta que se obtiene al emplearlo.

Actualmente, los Institutos Nacionales de Metrología indican las cualidades metrológicas de los patrones nacionales a través de los siguientes mecanismos:

- **Calibración directa del instrumento o patrón contra los patrones de referencia designados.** Lo que realiza la metrología es calibrar un artefacto donde se realiza una comparación entre el patrón o instrumento. Es la alternativa más utilizada actualmente, pero tiene la desventaja de requerir demasiado tiempo para ejecutarla, además de la existencia de daños en el equipo que pueden alterar el trabajo realizado.
- **Materiales de Referencia Certificados (MRC).** Estos son producidos por los Institutos Nacionales de Metrología como un patrón de referencia para la calibración de instrumentos de medición. Cada material de referencia debe tener un certificado donde se informa el valor de la propiedad física que se va a medir (densidad, viscosidad cinemática, composición química, etc), la incertidumbre, el nivel de confianza entre muchos otros datos.
- **Servicios de calibración en sitio.** El laboratorio de calibración lleva sus patrones de referencia a las instalaciones donde se encuentran los equipos de medición para realizar la calibración o sistema de medición. De esta forma, el cliente se asegura de que su instrumento está calibrado bajo las condiciones de operación. El patrón viajero debe cumplir con ciertos requisitos como: robustez,

reproductibilidad, funcionalidad entre otros para asegurar la trazabilidad hacia las referencias superiores.³⁵

Además de los mecanismos anteriormente mencionados, actualmente se utilizan otras alternativas como: Datos de referencia, disseminación del Tiempo Universal Coordinado y la calibración vía internet.

2.1.1 Trazabilidad en las mediciones de viscosidad y otras propiedades reológicas. En el campo de la metrología, se considera que existen variedades de amenazas a la trazabilidad de las mediciones de las propiedades reológicas. Algunas de estas pueden ser: cambios de temperatura, variación de la densidad, inestabilidad de los dispositivos de control, presencia de partículas, daños por corrosión, pérdidas de configuración en los sistemas de procesamiento de datos, desgaste prematuro entre otros.

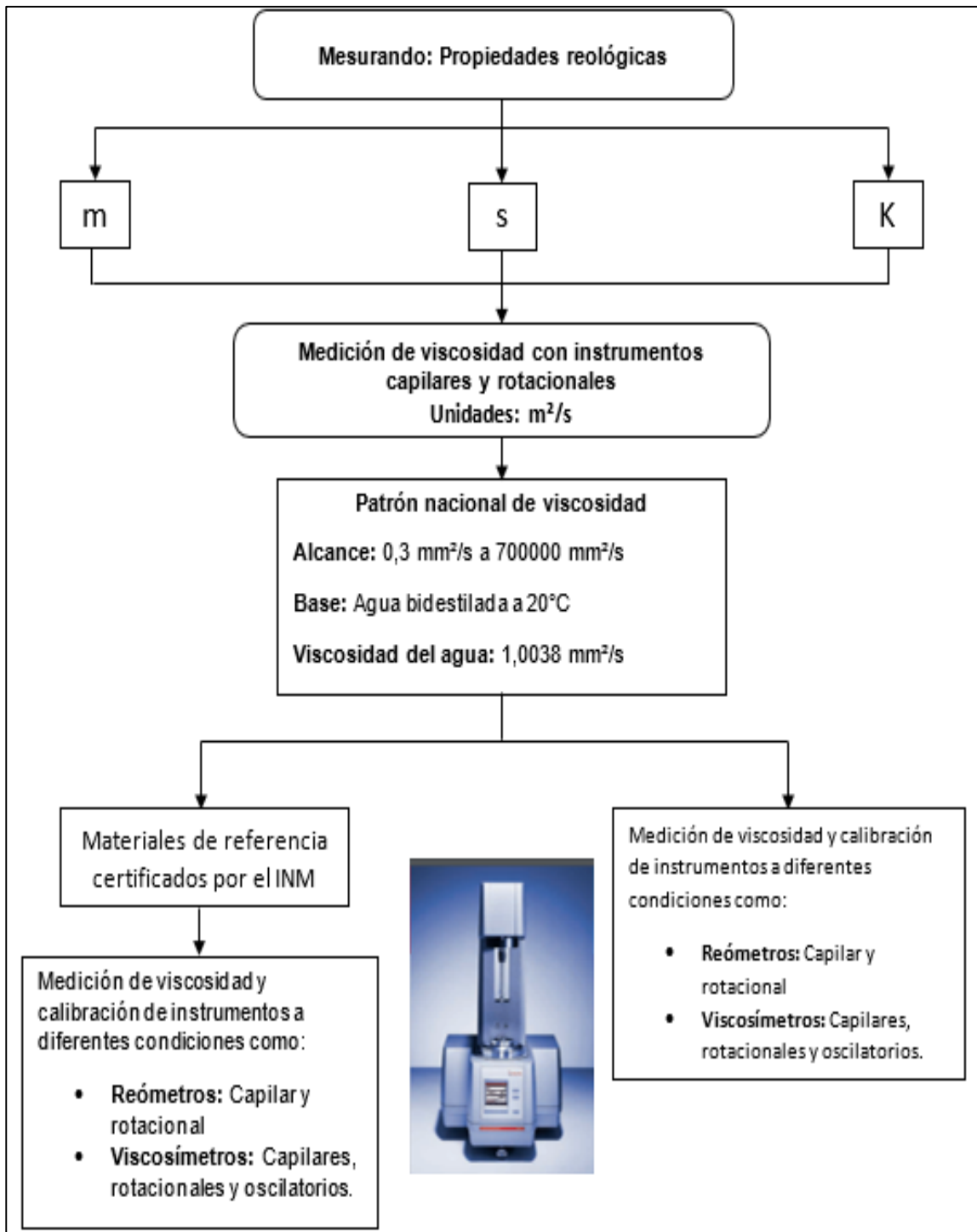
Para garantizar los resultados de trazabilidad en cualquier medición de las propiedades reológicas es necesario estar atentos no únicamente para poner en práctica los resultados de calibración de los instrumentos, sino también para poder operarlos y mantenerlos en condiciones semejantes a las que prevalecieron durante la calibración. De hecho, cualquier declaración de incertidumbre carece de todo sentido cuando este no es capaz de mantener apropiadas las condiciones a todos los componentes del sistema de medición.³⁶

En las figuras 2 y 3 se muestran las cartas de trazabilidad empleadas para el sistema de medición de la viscosidad y de las propiedades reológicas de los fluidos. Se puede notar que las mediciones se realizan teniendo en cuenta las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades y a partir de estas es necesario tener en cuenta el tipo de análisis que se realizará, posteriormente, se observan los patrones nacionales o la clasificación de las pruebas para que se realicen los análisis o calibración de los equipos.

³⁵ ARIAS Roberto, Trazabilidad e incertidumbre en las mediciones de flujo de los hidrocarburos. Querétaro, México. Mayo 2002. p 1-4

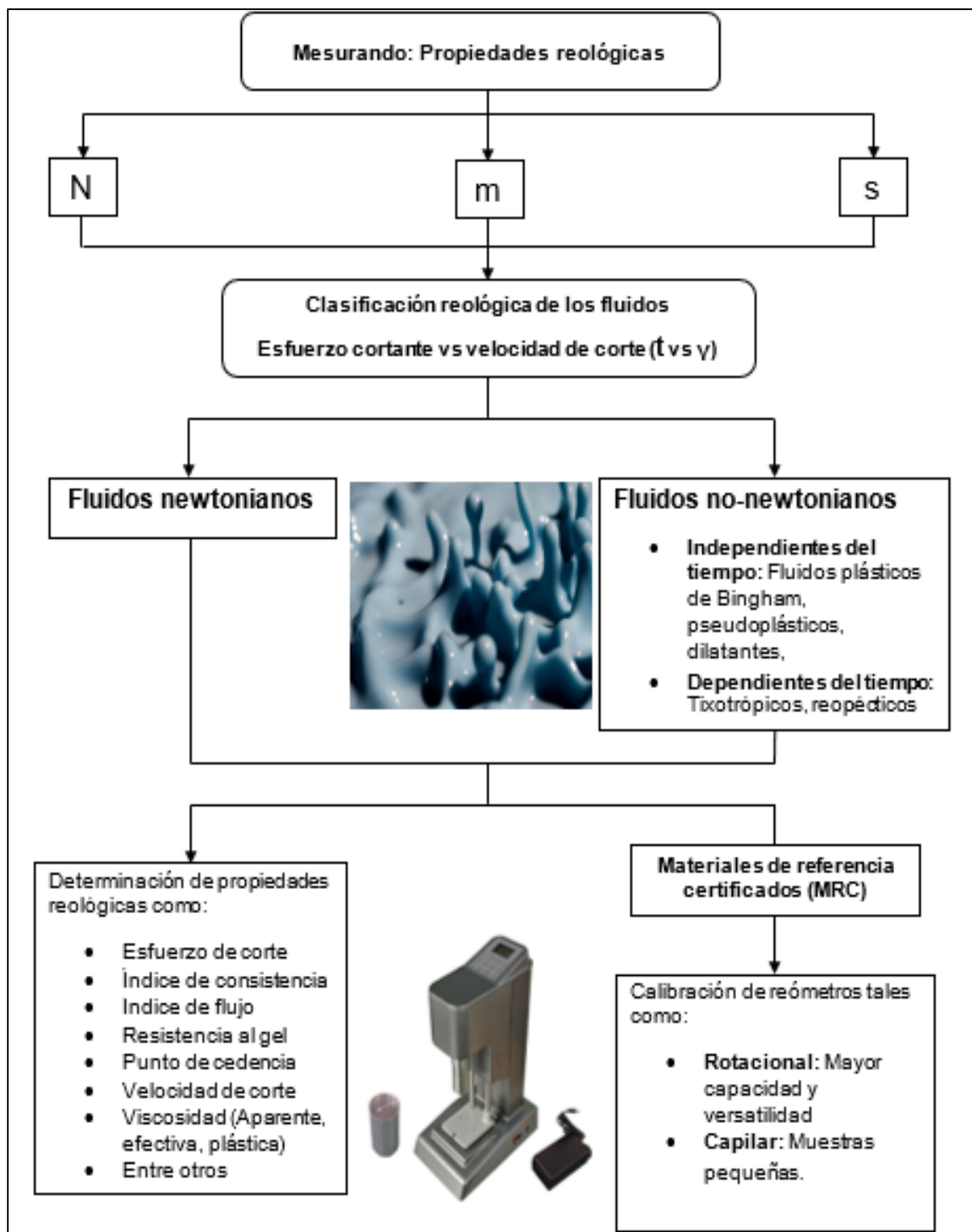
³⁶ ARIAS Roberto, Trazabilidad e incertidumbre en las mediciones de flujo de los hidrocarburos. Querétaro, México. Mayo 2002. p 1-4

Figura 2. Carta de trazabilidad para las mediciones de viscosidad con instrumentos capilares y rotacionales para un alcance de hasta 700000 mm²/s



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Carta de trazabilidad para determinar la clasificación reológica y propiedades de los fluidos a partir del uso de la gráfica de Esfuerzo vs Velocidad de corte.



Fuente: elaboración propia.

2.2 TIPOLOGÍA DE EMPRESA DE INTERÉS

2.2.1 Industria de alimentos. La caracterización de las propiedades reológicas de los alimentos tiene cada vez más importancia para la evaluación de la calidad de materias primas, a modo de predecir el comportamiento de los materiales durante el procesamiento y para cumplir con los requisitos de almacenamiento y estabilidad. A continuación, se presentan algunos datos o información importante en relación con el comportamiento reológico de los alimentos:³⁷

- **Consistencia o resistencia estructural en reposo:** Conocer la resistencia estructural de los alimentos es importante para predecir su comportamiento de segregación y tendencia de sedimentación, por ejemplo, las coberturas de alimentos, tal como los aderezos para ensaladas y el vinagre con frecuencia incluyen hierbas suspendidas y trozos de verduras. Si están bien suspendidas, esta mezcla de alimentos permanecerá estable sin necesidad de agitar el contenedor para distribuir las partículas. Una cobertura de alimentos estable ofrece un perfil de sabor y de apariencia deseados. También proporcionan propiedades sensoriales hacia el producto alimenticio requeridas por el consumidor tales como: sabor, el cuerpo de una bebida o la cremosidad de un helado, la pegajosidad de un dulce o la sensación en boca al tragar. Para garantizar la satisfacción en todos estos recuentos, los materiales alimenticios deben probarse y analizarse con la ayuda de la reología.³⁸
- **Comportamiento del flujo:** Conocer el comportamiento del flujo es esencial para predecir la facilidad de procesamiento y el comportamiento (proceder) del llenado de los materiales alimenticios. Este también puede verse influenciado por los cambios de temperatura, desde la temperatura de refrigeración o ambiente de almacenamiento hasta elevadas temperaturas en la boca.
- Investigar las propiedades líquidas y estructurales de las materias primas.
- Mejorar la textura, el sabor y la sensación en boca.
- Predecir el rendimiento del material durante el procesamiento.
- Medir la calidad del producto (control de calidad).

Dentro de la industria de alimentos se presentan en la mayoría de los casos fluidos Newtonianos. A continuación, se describen algunas aplicaciones:

- **Productos lácteos:** Según las investigaciones reológicas de la leche, se tiene en cuenta la relación entre viscosidad, composición, tratamiento térmico,

³⁷ PAAR, Anton. Alimentos, [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.worldof-rheology.com/es/industrias/alimentos/>.

³⁸ PAAR, Anton. Alimentos, [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.worldof-rheology.com/es/industrias/alimentos/>.

homogenización y las características no newtonianas, pero se debe tener en cuenta que la medición de viscosidad en algunos casos es más compleja puesto que la crema tiende a separarse de la leche cuando se está efectuando la medición y en este caso podríamos decir que la leche se aproxima a un comportamiento newtoniano. Cabe resaltar que cuando el extracto seco de la leche aumenta, tanto en la leche descremada como en la leche evaporada el comportamiento puede desviarse del fluido newtoniano a un no newtoniano, debido a que la viscosidad muestra un ligero descenso a medida que se eleva el esfuerzo cortante.³⁹

Relación entre la viscosidad y la composición de la leche. Es bien sabido que la leche descremada es menos viscosa que la leche entera, por lo tanto, la viscosidad aumenta con el contenido en grasa; cuando se agrega caseína a la leche descremada este aumenta considerablemente su viscosidad. Sin embargo, cuando se le adiciona lactosa de hasta 5% no hay incremento de la viscosidad. A continuación, se observa en la tabla 1 la dilución acuosa y el coeficiente de viscosidad de la leche:⁴⁰

Tabla 1. Dilución acuosa y coeficiente de viscosidad de la leche fresca

% Dilución en volume	n (P/) 25°C
0% de agua 100% de leche	0.001457
10 % de agua 90% de leche	0.001381
20% de agua 80% de leche	0.001319
30 % de agua 70% de leche	0.001258
50 % de agua 50% de leche	0.001143
80% de agua 20% de leche	0.000993
100% de agua 0% de leche	0.000894

Fuente. SALVATIERRA FLOREZ. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

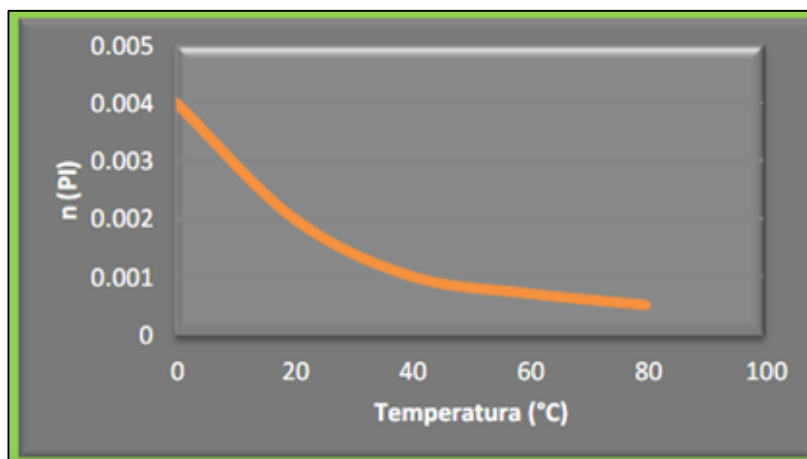
Relación de viscosidad y temperatura. La viscosidad de la leche al igual que todos los líquidos disminuye a medida que aumenta la temperatura, como se muestra en la figura 4:⁴¹

³⁹ SALVATIERRA FLOREZ, Azucena Lizbeth. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. 2015. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. p 14.

⁴⁰ SALVATIERRA FLOREZ, Azucena Lizbeth. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. 2015. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. p 14.

⁴¹ SALVATIERRA FLOREZ, Azucena Lizbeth. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. 2015. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. p 15.

Figura 4. Relación de viscosidad y temperatura de la leche.



Fuente. SALVATIERRA FLOREZ. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

Relación entre viscosidad y homogenización. El objetivo de realizar la homogeneización en la leche es de disminuir el tamaño del glóbulo graso, es decir cuando los tamaños de los glóbulos grasos son muy grandes, estos empiezan a coalescer formando una crema, por tanto, aumenta el número de estos, la superficie específica y la viscosidad de la leche. La tabla 2 muestra la relación entre la presión de la homogenización y la viscosidad de la leche:⁴²

Tabla 2. Relación entre la presión de la homogenización y la viscosidad de la leche.

Presión en Pa	Incremento de viscosidad en %
6894.76	7,1
10342.14	9,2
13789.52	11,9
20684.28	13,7
24131.66	15

Fuente. SALVATIERRA FLOREZ. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

Relación entre la viscosidad y el tiempo de almacenamiento. La viscosidad de la leche descremada, leche homogeneizada o no homogeneizada y leche pasteurizada aumenta con el tiempo. En este sentido Muller et al. (1978) manifiesta

⁴² SALVATIERRA FLOREZ, Azucena Lizbeth. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. 2015. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. p 16.

que se desconoce la causa, aunque se sabe que se producen cambios enzimáticos y en la flora bacteriana que provocan cambios en el pH. En este sentido se tiene que la viscosidad de la leche se incrementa cuando se da un ligero incremento en el valor del pH como se observa en la tabla 3:⁴³

Tabla 3. Comportamiento del pH y la viscosidad de la leche descremada con relación al tiempo de almacenamiento.

Días de almacenamiento	n (P/) 25°C	pH	Acidez titulable, expresada en % de ácido láctico
1	0,001433	6.78	0,14
3	0,001467	6.8	0,13
6	0,001521	6.81	0,13
9	0,001525	6.83	0,12
15	0,001551	6.84	0,11
21	0,001555	6.84	0,11

Fuente. SALVATIERRA FLOREZ. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

2.2.2 Industria farmacéutica. Los cosméticos y productos farmacéuticos se desarrollan para su aplicación externa, por ejemplo, en forma de lociones, geles, cremas o para la aplicación oral; como píldoras o jarabes. Dado que estos se presentan como líquidos, semisólidos y sólidos, presentan el alcance entero de la reología.

Las características reológicas de estos materiales son importantes para la producción, embalaje, llenado y almacenamiento. El control de calidad continuo es fundamental para alcanzar una alta calidad y consistencia a pesar de la gran producción en las industrias correspondientes. Sin embargo, los consumidores también valoran la sensación de una crema para la piel cuando la aplican; quieren que la pasta dentífrica permanezca en el cepillo después de apretar el envase y desean que el medicamento esté en estado óptimo para que haga el efecto que debería.

Las características reológicas de los productos farmacéuticos y cosméticos se pueden medir, por ejemplo:

- Para controlar la calidad de las materias primas, productos finales y procesos de fabricación (mezcla, bombeo, embalaje y llenado).

⁴³ SALVATIERRA FLOREZ, Azucena Lizbeth. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. 2015. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. p 16.

- Para conocer el efecto de los diferentes parámetros, como la formulación, el tiempo de almacenamiento y la temperatura sobre la calidad y aceptabilidad de un producto final.
- Para investigar y comprender la naturaleza fundamental de un sistema de investigación y desarrollo.

La reología se utiliza ampliamente en la industria de cosméticos y farmacéutica para poner a prueba una variedad de productos. Los campos de aplicación varían en pruebas muy comunes, como medir la estabilidad de una crema a diferentes temperaturas, hasta mediciones muy desafiantes de pequeñas cantidades de muestra, como anticuerpos e hidrogeles inyectables, que pueden ser muy costosas y requerir mucho tiempo. En este caso, la instrumentación requerida para probar esta clase de materiales debe ser extremadamente sensible y precisa para generar resultados analíticos reproducibles, por ejemplo, a temperatura ambiente y corporal.⁴⁴

La reología se puede usar de diferentes maneras, por ejemplo:

- Para el control de calidad de materias primas, productos intermedios y productos finales.
- Para la caracterización de los efectos de ingredientes y de los productos finales.
- Para realizar solicitudes especiales como pruebas del flujo y deformación de fluidos y células biológicas.

Los cosméticos y productos farmacéuticos comúnmente medidos reologicamente son:

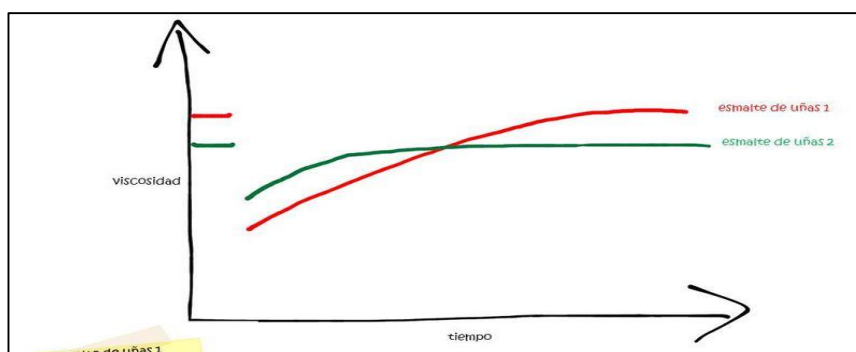
- **Gel capilar.** Actualmente, el gel debe cumplir con ciertos requisitos como ser extremadamente sólido, resistente a la humedad, además, este debe proporcionar un efecto duradero y no debe dejar las manos ni el pelo pegajoso. Frecuentemente es un sistema dispersado finamente que comprende al menos una fase sólida y una líquida que forman una red tridimensional. Su consistencia es viscoelástica y puede probarse con un reómetro. Comprobar constantemente la viscosidad y el límite de elasticidad de un producto puede garantizar una alta calidad y consistencia. Mientras que la viscosidad del gel para el cabello es un parámetro particularmente importante durante la producción y para la evaluación durante el desarrollo, el límite de elasticidad es muy importante para la evaluación del consumidor del producto final; este corresponde directamente

⁴⁴ PARR, Anton. Farmacéutica. [En línea], [revisado 22 de septiembre de 2018], disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>.

con las propiedades elásticas de la muestra en reposo. Los geles con un alto límite de elasticidad o un carácter de gel sólido son percibidos por el consumidor como si tuvieran “mayor volumen”.⁴⁵

- **Esmalte para uñas.** Este es un producto que debe cumplir con diversas demandas reológicas. Primero, debe ser suficientemente espeso para poder adherirse al pincel. Segundo, debe ser suficientemente delgado al transferirse del pincel a la uña. Además, el producto debe fluir lo suficiente para nivelar cualquier marca de pincel después de su aplicación. Por último, se debe secar lo más rápido posible para que los clientes puedan seguir con su rutina. Un factor muy importante con relación al esmalte para uñas es la recuperación tixotrópica. La tixotropía es una clase especial de comportamiento viscoso que depende del tiempo. Con un cizallamiento constante la viscosidad de un material tixotrópico disminuye. Apenas se detenga el cizallamiento el material se recuperará casi por completo. Este comportamiento se observa por la descomposición y la recuperación de la estructura interna del material; esto puede medirse con pruebas rotacionales u oscilatorias a través de una prueba de paso de tixotropía en tres intervalos. Según sus formulaciones, los diferentes tipos de esmaltes para uñas pueden tener variedad de índices de recuperación tixotrópica. La figura 5 muestra a manera de ejemplo el comportamiento de la frecuencia con la que debe agitarse el esmalte durante su aplicación.⁴⁶

Figura 5. Comportamiento de frecuencia de agitación de dos esmaltes.



Fuente. PARR, Anton. Farmacéutica. {en línea}: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>

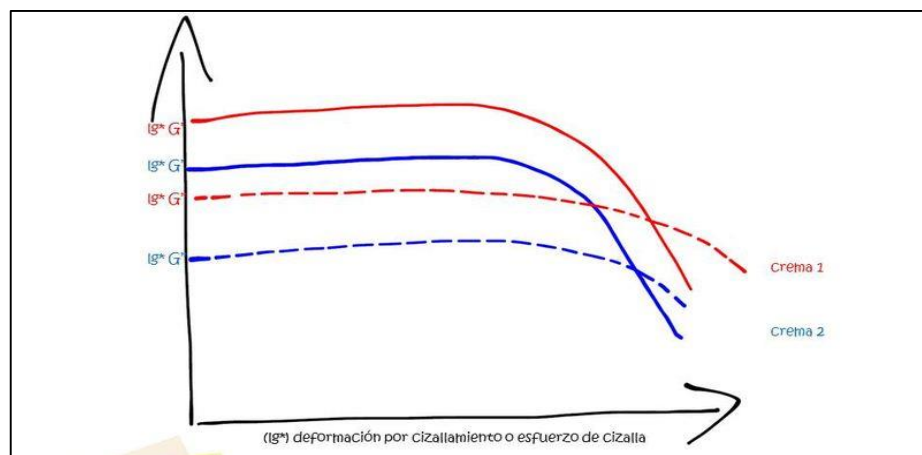
⁴⁵ PARR, Anton. Farmacéutica. [En línea], [revisado 22 de septiembre de 2018], disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>.

⁴⁶ PARR, Anton. Farmacéutica. [En línea], [revisado 22 de septiembre de 2018], disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>.

- **Crema para la piel.** La sensación y la estabilidad duradera de la crema para la piel, tanto en aplicaciones cosméticas y farmacéuticas, son aspectos muy importantes para la aceptación del consumidor. Estas propiedades son altamente influenciadas por los ingredientes que se utilizan en su fabricación, pero también por su proceso. Un cambio en los ingredientes para reducir costos de producción y otros factores no debe generar necesariamente un cambio de las propiedades físicas comúnmente asociadas a un producto determinado. La caracterización de las propiedades físicas de una emulsión con un reómetro es adecuada para determinar y analizar la influencia sobre las propiedades del producto final al cambiar su proceso o la composición.⁴⁷

Además, la estabilidad mecánica del producto final puede ponerse a prueba en un tiempo relativamente corto con un barrido de amplitud. Esta consiste en una prueba de oscilación realizada a amplitudes variables al tiempo que se mantiene la frecuencia a un valor constante. La figura 6 muestra a manera de ejemplo cómo se utilizan los valores del módulo de almacenamiento G' y del módulo de pérdida G'' en el rango de valores de deformaciones o esfuerzos bajos (el rango lineal-viscoelástico LVE), este tipo de pruebas proporciona la información sobre la resistencia de la estructura y el carácter viscoelástico de una crema en reposo.⁴⁸

Figura 6. Módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'') para dos cremas.



Fuente. PARR, Anton. Farmacéutica. {en línea}: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>.

⁴⁷ PARR, Anton. Farmacéutica. [En línea], [revisado 22 de septiembre de 2018], disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>.

⁴⁸ PARR, Anton. Farmacéutica. [En línea], [revisado 22 de septiembre de 2018], disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>.

Los materiales mencionados anteriormente son a los que más se le realizan este tipo de mediciones pero también existen muchos más como: aceites perfumados, acondicionadores de cabellos, aerosoles nasales, agentes humectantes, champús, cremas de afeitar, cremas exfoliantes, emulsiones, enjuague bucal, geles de ducha, hidrogeles, lápices de labios, lentes de contacto, máscaras, mezclas para la tos, pastas, pastas dentífricas, ungüentos entre otros.⁴⁹

2.2.3 Industria petroquímica. Los estudios reológicos soportan los análisis fluido-dinámicos que permiten predecir con mayor precisión la operación de transporte por oleoducto, a diferencia de parámetros tradicionales como punto de fluidez y punto de burbuja. Una de las mayores dificultades encontradas en el transporte de crudos parafínicos es la reducción de la capacidad de bombeo debido a la precipitación y consecuente deposición de parafinas, lo que reduce el diámetro efectivo de oleoductos, líneas de flujo y equipos comprometidos en la operación, y aumenta los requerimientos de energía para vencer la fricción y los costos adicionales de mantenimiento.⁵⁰

Antes de transportar un crudo parafínico es necesario saber cómo se comportará reologicamente, es decir, conocer cuánta energía será requerida para dar inicio al bombeo en caso de que su temperatura esté por debajo del punto de fluidez y posea un comportamiento tipo Bingham, lo que hace necesario relacionar los esfuerzos de fluencia τ con las diferentes temperaturas. Por otra parte, es importante correlacionar los Esfuerzos de Corte, que relacionan la caída de presión por unidad de longitud para un diámetro determinado con la Velocidad de Deformación, con el fin de conocer el comportamiento reológico que tendrá el fluido, lo cual permite determinar si su comportamiento es pseudoplástico. Este se caracteriza por la disminución de la viscosidad con el aumento de la velocidad de deformación, o caudal por transportar, relacionados con la Ley de Potencia.⁵¹

Un estudio reológico en el transporte por oleoductos de crudos parafínicos demuestra el comportamiento reológico que relaciona los Esfuerzos de Corte y las Velocidades de Deformación. Se obtienen índices de comportamiento reológico que se representan en la Figura 7. Esta muestra el carácter no-newtoniano de los crudos a temperaturas por debajo del punto de fluidez y su tendencia a comportarse de fluido pseudoplástico $n < 1.0$ a newtoniano $n = 1.0$ en la medida en que se aumenta

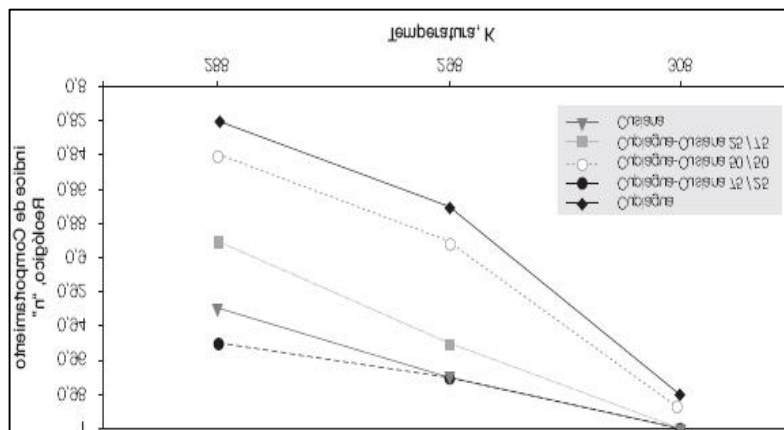
⁴⁹ PARR, Anton. Farmacéutica. [En línea], [revisado 22 de septiembre de 2018], disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>.

⁵⁰ RODRÍGUEZ, VIDALES, CASTAÑEDA, LEAL, BARRERO, GARZÓN. Impacto de los estudios reológicos en el transporte por oleoducto de crudos parafínicos. 2000. {En línea}: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832000000100002

⁵¹ RODRÍGUEZ, VIDALES, CASTAÑEDA, LEAL, BARRERO, GARZÓN. Impacto de los estudios reológicos en el transporte por oleoducto de crudos parafínicos. 2000. {En línea}: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832000000100002

la temperatura y el contenido de crudo cusiana, que presenta un comportamiento más cercano a fluido newtoniano.⁵²

Figura 7. Comportamiento reológico de crudo cusiana dependiente de la temperatura.



Fuente. RODRÍGUEZ, VIDALES, CASTAÑEDA, LEAL, BARRERO, GARZÓN [etal]. Comportamiento reológico de crudo cusiana. {en línea}: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832000000100002

Los petróleos crudos incluyen una variedad de hidrocarburos livianos y pesados. A temperaturas superiores a 60 °C, los componentes más livianos conservan la mayoría de los más pesados en la solución, lo que hace que el comportamiento del flujo muestre valores de viscosidad relativamente similares. No obstante, al disminuir la temperatura, la solubilidad de los componentes pesados se reduce, lo que puede provocar la precipitación del sólido. Este efecto se denomina "precipitación de cera", que puede cambiar el petróleo crudo de un fluido Newtoniano a una sustancia de tensión de elasticidad que puede aumentar el peligro de formación de tapones en una tubería. La precipitación de cera en petróleos crudos depende de la composición de la dispersión del petróleo y también de las condiciones ambientales, como presión y temperatura. Las pruebas a temperaturas y presiones elevadas en un reómetro en combinación con una celda de presión proporcionan información que incluye la efectividad de los inhibidores de tapones en condiciones de transporte y producción.⁵³

⁵² RODRÍGUEZ, VIDALES, CASTAÑEDA, LEAL, BARRERO, GARZÓN. Impacto de los estudios reológicos en el transporte por oleoducto de crudos parafínicos. 2000. {En línea}: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832000000100002

⁵³ PAAR, Anton. Petroquímicos, [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/petroquimicos/>.

2.2.4 Industria de pinturas. Las mediciones reológicas de pinturas y recubrimientos son fundamentales para la evaluación de su calidad. La reología se puede usar de diversas maneras como, por ejemplo: ⁵⁴

- Para calcular la cantidad de la velocidad de cizalla que afectará a una muestra de pintura o recubrimiento durante la aplicación.
- Para evaluar si los valores de viscosidad de una pintura o recubrimiento se adaptarán a los requisitos después de la aplicación.
- Para medir la estabilidad de almacenamiento a largo plazo de las pinturas y recubrimientos.

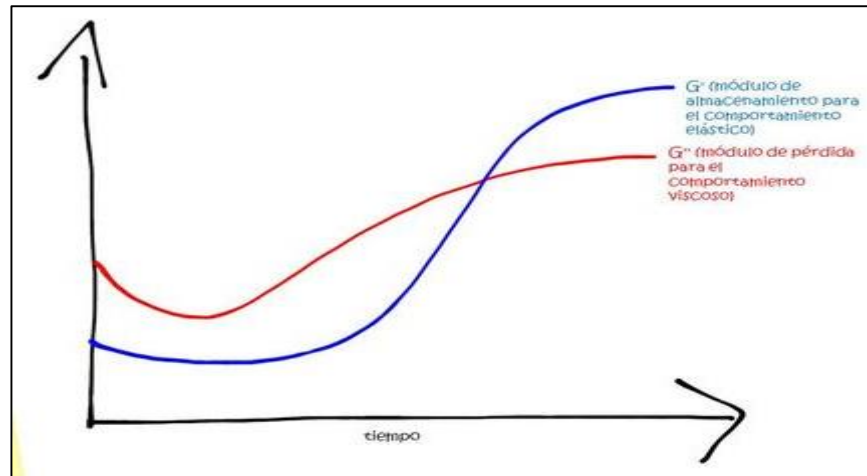
Las pinturas y los recubrimientos que son comúnmente medidos reológicamente son:

- **Recubrimientos en polvo.** Estos recubrimientos son una alternativa sin emisiones a los recubrimientos en forma líquida, dado que no contienen solventes. Los recubrimientos en polvo se aplican con medios electrostáticos. Seguido, se forma una película mediante fusión de las partículas en un horno. El objetivo es desarrollar recubrimientos en polvo que requieran trabajar a una baja temperatura y poco tiempo para la deformación de la película. Para determinar el comportamiento de curación de los recubrimientos en polvo, se puede llevar a cabo una prueba de temperatura con un reómetro rotativo. La figura 8 muestra a manera de ejemplo una prueba de oscilación que determina simultáneamente el comportamiento viscoso, descrito por el módulo de pérdida G'' , y el comportamiento elástico, representado por el módulo de almacenamiento G' . En consecuencia, el comportamiento de curación puede determinarse como el comportamiento que depende del tiempo y a una temperatura de prueba constante (prueba isotérmica) o como comportamiento que depende de la temperatura dentro de un rango de temperatura dado. ⁵⁵

⁵⁴ PAAR, Anton. Pinturas y recubrimientos. [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/pinturasrecubrimientos/>.

⁵⁵ PAAR, Anton. Pinturas y recubrimientos. [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/pinturasrecubrimientos/>.

Figura 8. Módulo de almacenamiento para comportamiento elástico y viscoso.



Fuente. PAAR, Anton. Pinturas. {en línea}: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/petroquimicos/>.

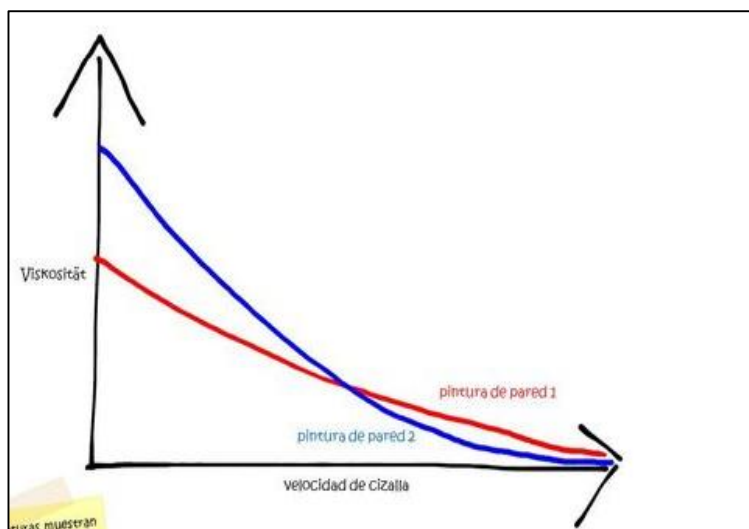
- **Recubrimientos superiores.** Estos con frecuencia son la capa final. Para no deslizar la superficie ni mostrar marcas de cepillado no deseadas después de la aplicación, un recubrimiento superior debe recuperar su estructura en el tiempo adecuado, su recuperación no debe ser demasiado rápida ni demasiado lenta. Por lo tanto, un factor de calidad importante de los recubrimientos superiores es la dependencia temporal de la regeneración estructural, que, a su vez, influye en el comportamiento de nivelación y desplazamiento de la superficie. Esta recuperación estructural puede describirse en determinados casos mediante el uso del término reológico tixotropía. En reología, el comportamiento tixotrópico se define como una reducción de la resistencia estructural de la muestra durante un intervalo de prueba con una carga de cizallamiento constante y una regeneración completa de la estructura durante el intervalo posterior en reposo. Este comportamiento puede medirse en pruebas rotacionales mediante una prueba de tixotropía de tres intervalos.⁵⁶
- **Pinturas de pared.** La calidad de las pinturas es importante en la producción y aplicación. Para lograr una producción ideal de pinturas de pared, deben poder agitarse, mezclarse, dispersarse, además de poder bombearse y ser fluidas. En función de su aplicación, las pinturas de pared deben poder esparcirse, aplicarse con pincel, distribuirse, verterse o rociarse, respectivamente. Otra característica de calidad es el comportamiento de nivelación y desplazamiento de la superficie de la pintura una vez esta es aplicada. Por lo tanto, la estructura interna debe recuperarse en el plazo exacto de tiempo. La cantidad de pruebas reológicas

⁵⁶ PAAR, Anton. Pinturas y recubrimientos. [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/pinturasrecubrimientos/>.

disponibles ha incrementado constantemente, en especial, tanto para los usuarios en los campos de investigación y desarrollo, como también para el control de calidad y de los procesos. Se puede usar un reómetro para evaluar fenómenos como límite de elasticidad al determinar la potencia de la estructura en reposo, el comportamiento pseudoplástico en el estado de flujo, además de la tixotropía al analizar la recuperación que depende del tiempo de la estructura interna después de la aplicación.⁵⁷

La mayoría de las pinturas muestran un comportamiento de flujo pseudoplástico, con una disminución en la viscosidad cuando se aumenta la velocidad de cizalla. Por lo tanto, entre más rápido se agite, menor será la viscosidad resultante. Este comportamiento puede medirse mediante pruebas rotacionales.⁵⁸

Figura 9. Comportamiento de la velocidad de cizalla para dos pinturas de pared.



Fuente. PAAR, Anton. Pinturas y recubrimientos. {en línea}: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/pinturasrecubrimientos/>

2.3 CLASIFICACIÓN DE PRUEBAS REOLÓGICAS

Para conocer cuáles son las pruebas reológicas más importantes o mayormente utilizadas y empleadas dentro de cada una de las industrias fue necesario realizar

⁵⁷ PAAR, Anton. Pinturas y recubrimientos. [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/pinturasrecubrimientos/>.

⁵⁸ PAAR, Anton. Pinturas y recubrimientos. [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/pinturasrecubrimientos/>.

una búsqueda de información con base en 2 laboratorios de reología situados en la ciudad de México. Cada uno de estos cuenta con una página web en la cual se encuentra la información sobre la tipología de análisis que realizan y de este modo se escogieron las 5 pruebas más importantes ya que están debían ser en las que estaban en ambos laboratorios las cuales fueron:

- Determinación de la viscosidad aparente mediante Viscosímetro Brookfield.
- Determinación de la viscosidad de fluidos viscoelásticos mediante Reometría Rotacional.
- Determinación del comportamiento al flujo de fluidos viscoelásticos: Newtoniano, Dilatante, Pseudoplástico, Tixotrópico o Reopéctico.
- Determinación de punto de cedencia en fluidos viscoelásticos.
- Determinación de las propiedades viscoelásticas (Módulo Elástico, Módulo Viscoso y $\tan \delta$) de materiales en estado fundido con respecto a la temperatura, tiempo, frecuencia, deformación o esfuerzo.

Sin embargo, también es importante reconocer otros tipos de análisis que también deben ser tenidos en cuenta si se desea que el laboratorio cuente con todos los análisis posibles y que sea considerado como uno de los mejores por la ONAC. Estos análisis se pueden observar en el Anexo C.

A continuación, se menciona la base de funcionamiento de cada uno de los análisis de mayor importancia, enfocándose en su definición y en algunos casos como funciona el método.

- **Determinación de la viscosidad aparente mediante Viscosímetro Brookfield.** El método consiste en tomar una serie de medidas de las dimensiones de viscosidad mediante un viscosímetro de tipo rotacional sobre una muestra de algún tipo de material que tenga propiedades tixotrópicas de alta viscosidad, con propiedades reológicas dependientes del tiempo. la agitación debe ser controlada cuidadosamente en este método.

El procedimiento para realizar este método es:

1. Todas las mediciones deben efectuarse con el viscosímetro Brookfield a $25 \pm 1.0^\circ\text{C}$.
2. Bajar lentamente la aguja núm. 4, la que debe estar bien sujeta al viscosímetro, hasta que quede muy cerca del centro de la superficie de la muestra y sumergir a la profundidad adecuada. Después, correr lentamente el recipiente en un plano horizontal hasta que la aguja esté localizada aproximadamente en el centro del recipiente, para que la prueba sea efectuada en una zona sin turbulencias.

3. Iniciar la prueba con el viscosímetro a 6 rpm y anotar la lectura de la escala después de 10 revoluciones. Incrementar la velocidad del viscosímetro a 12 rpm y anotar la lectura de la escala después de 10 revoluciones.
4. Hacer las observaciones de la misma manera a 30 y 60 rpm. Después de haber efectuado la observación a 60 rpm, reducir la velocidad a 30, 12 y 6 rpm, anotando las lecturas de la escala después de 10 revoluciones a cada una de las velocidades mencionadas. Una vez que ha sido tomada la última lectura a 6 rpm, desconectar el viscosímetro, dejando que tanto el viscosímetro como la muestra estén en reposo durante 2 minutos. Al término del período de reposo de 2 minutos, conectar de nuevo el viscosímetro y anotar la lectura de la escala después de 10 revoluciones.

La precisión varía conforme a la velocidad del viscosímetro y con el grado de viscosidad de la muestra. La repetibilidad y la reproducibilidad de la lectura de viscosidad deben estar dentro del 10%, excepto las lecturas de viscosidad inicial a la más baja velocidad.⁵⁹

- **Determinación de la viscosidad de fluidos viscoelásticos mediante Reometría Rotacional.** La reometría rotacional es una técnica extremadamente poderosa para la medición de la reología de corte compleja en todo tipo de materiales; es lo suficientemente sensible como para medir la viscosidad, y posible estructura de soluciones diluidas como la de algunos polímeros diluidos, y sin embargo lo suficientemente robusta como para medir la viscoelasticidad de materiales compuestos de módulo alto. La reometría rotacional es ideal para detectar cambios estructurales y de composición de los materiales, que pueden ser factores críticos de control para las propiedades de flujo y deformación, y en última instancia, para la estabilidad y el desempeño del producto.

Enmarcando la reometría en un estado previo de formulaciones posible predecir el comportamiento de nuestras muestras de estudio como producto final acabado, y de esa manera proponer cambios en las formulaciones para obtener un mejor comportamiento del producto en un entorno de producción y utilización.

Los fundamentos de la técnica de reometría rotacional son los siguientes:

- La muestra se carga sobre una superficie plana o en el interior de un recipiente cilíndrico, que pueden fabricarse según diversos acabados (lisos, rugosos, serrados, estriados) en función de las exigencias del análisis que se quiere realizar.

⁵⁹ 16-Jun-2008. Medición de la viscosidad por el método de Brookfield. Quimi Net. <https://www.quiminet.com/articulos/medicion-de-la-viscosidad-por-el-metodo-de-brookfield-30649.htm>

- El sistema de medición se encuentra suspendido en un cojín de aire, prácticamente sin fricción, impulsado por un motor de inercia ultra baja y acoplada a un codificador de posición de precisión ultra alta. La muestra y el sistema de medición también cuentan con control por temperatura.
- Se pueden determinar varias características reológicas de la muestra por rotación, oscilación o mediante la aplicación de una función de paso al sistema de medición, ya sea mediante el control del par motor (reometría de esfuerzo controlado) o monitorizando el desplazamiento de la muestra (reometría de deformación controlada).
- Los modos de prueba comunes son: rotacional (o flujo) para medir la viscosidad de corte, y oscilación, para medir las propiedades dinámicas del material como los módulos elástico y viscoso o el ángulo de fase. La reometría rotacional permite que se evalúen también otras propiedades reológicas, como la tixotropía, punto de fluencia, o la relajación de muestra tras aplicarle un esfuerzo determinado⁶⁰.
- **Determinación del comportamiento de fluidos viscoelásticos: Newtoniano, Dilatante, Pseudoplástico, Tixotrópico o Reopéctico.**
- **Comportamiento Dilatante:** se presenta cuando al aumentar la velocidad de cizalla se aumenta la viscosidad del fluido.
- **Comportamiento Plástico:** se presenta cuando al someter el material a esfuerzos inferiores a cierto valor umbral, éste almacena energía. Si por el contrario se supera el umbral, el material se deforma continuamente como un fluido, siendo el esfuerzo una función, lineal o no, de la velocidad de deformación.
- **Comportamiento Pseudoplástico:** se presenta en materiales en los que al aumentar la velocidad de deformación se reduce su viscosidad. Éste es el comportamiento más común a nivel industrial y se puede encontrar marcado en mayor o menor medida dependiendo de la distribución de pesos moleculares y de la estructura del material.

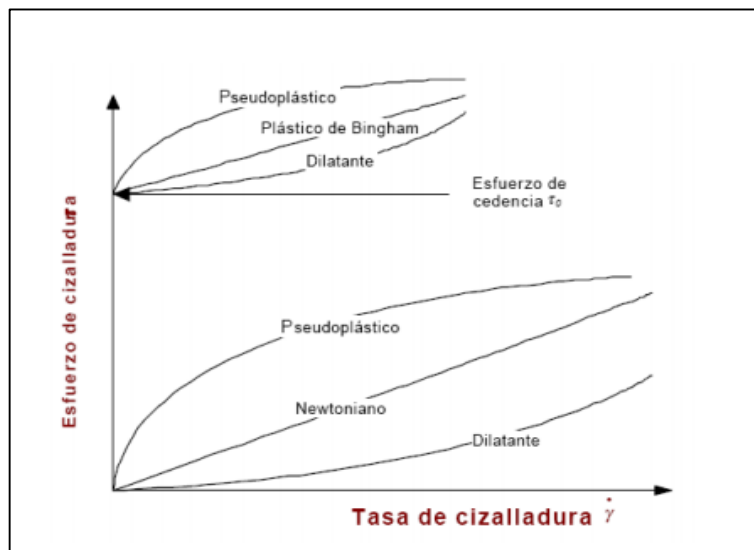
Si la viscosidad disminuye con el paso del tiempo a determinada velocidad de cizalla se trata de un fluido **tixotrópico**, si por el contrario aumenta, el fluido se denomina **reopéctico**, éste último se asocia con la ruptura o formación de agregados coloidales e interacciones que forman una estructura reticular en la muestra. El comportamiento de los fluidos con esta variación de la viscosidad depende en gran

⁶⁰ Reometría. Caracterización de Fluidos. Madrid – España

medida de la historia y se podrían obtener distintas curvas para una misma muestra, dependiendo del procedimiento experimental.

Un fluido se llama tixotrópico cuando, bajo la acción de una tasa de corte constante (velocidad de cizalla), alguna de sus propiedades decrece isotérmicamente, con marcada dependencia del tiempo que dure la acción cortante, y con capacidad de recuperar su valor inicial una vez cesa dicha acción. La propiedad de más interés sujeta a esos cambios es la viscosidad.⁶¹ Todos estos comportamientos se pueden observar en la figura 10.

Figura 10. Curvas de flujo de suspensiones Newtonianas y No-Newtonianas



Fuente. TUPAZ PANTOJA, Jhovany Alexander. Comportamiento reológico y caracterización de una suspensión en circuito cerrado de molienda húmeda para la producción de cemento: {en línea}: http://www.bdigital.unal.edu.co/835/1/87216950_2009.pdf

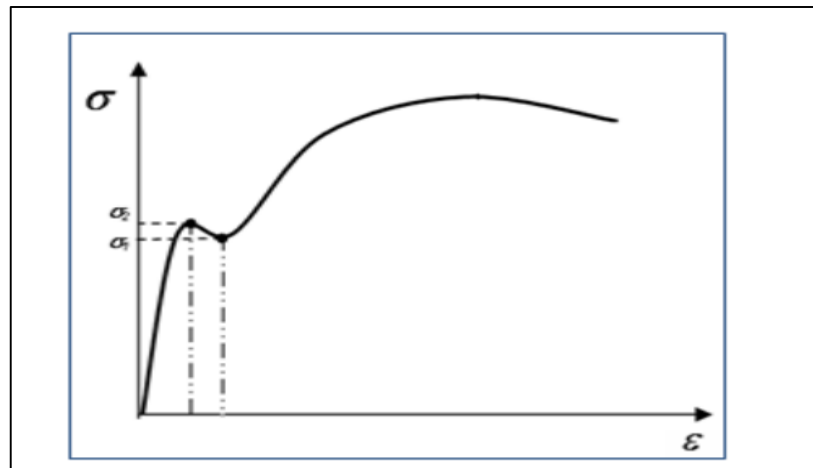
- **Determinación del punto de cedencia.** El punto de cedencia es el momento exacto en el que la deformación de una pieza, debido a una carga que se le ha estado ejerciendo, deja de ser elástica y se mantiene en un punto permanente, es decir, se vuelve plástica. El punto en el que el material mantiene un comportamiento plástico es cuando se le quita la fuerza ejercida y el sistema que

⁶¹ TUPAZ PANTOJA, Jhovany Alexander. Comportamiento reológico y caracterización de una suspensión en circuito cerrado de molienda húmeda para la producción de cemento. Universidad Nacional de Medellín. Facultad de minas. Medellín, 2009. p 11 y 12.

la ha estado aplicando se devuelve a su longitud inicial. El esfuerzo que se le ha estado aplicando en el momento que el material llega a su punto de cedencia se conoce como la Resistencia Cedente del Material (S_{ced}).

En algunos materiales, la transición de deformación elástica a flujo plástico es muy drástica. Esa transición es conocida como Fenómeno de Punto de Fluencia. En estos materiales, cuando comienza la deformación plástica el valor del esfuerzo baja primero desde el punto de fluencia superior (σ_2). El valor del esfuerzo sigue disminuyendo y oscila en torno a un valor promedio que se define como punto de fluencia inferior (σ_1). Inmediatamente, el esfuerzo empieza a aumentar nuevamente, entrando a la región de deformación plástica como se puede notar en la figura 11.⁶²

Figura 11. Esfuerzo de cedencia superior e inferior.



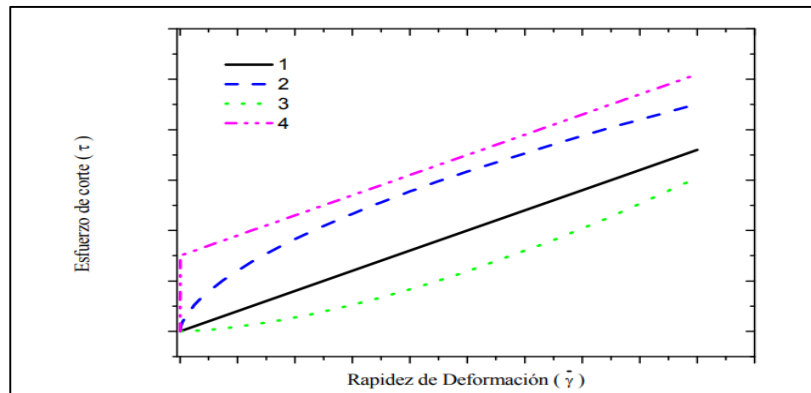
Fuente. Ensayo de tensión. Protocolo. Curso de materiales. Facultad ingeniería industrial. p. 28

- **Determinación de curvas de flujo en estado estacionario, esfuerzo vs. rapidez de deformación a bajos y altos cortes.** Existe un gráfico llamado curva de flujo o reograma donde muestra en el eje vertical el esfuerzo de corte y en el horizontal la rapidez de deformación. En la figura 12 se pueden ver las curvas de flujo que se observan típicamente en donde muestran las diferencias entre los fluidos newtonianos y no newtonianos. Cabe mencionar que la pendiente de estas curvas resulta ser el comportamiento de la viscosidad en función de la rapidez de deformación. Para el caso de los fluidos newtonianos es evidente que la viscosidad es constante e independiente de la rapidez de deformación. Para los fluidos no newtonianos adelgazantes (pseudoplásticos), la pendiente de la

⁶² ENSAYO DE TENSIÓN. PROTOCOLO. Curso de Materiales. Autor: FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL. Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito". Año 2011. p 7.

curva (viscosidad) disminuye cuando aumenta la rapidez de deformación. En cuanto a los no newtonianos dilatantes (plásticos), la viscosidad aumenta al incrementar la rapidez de deformación. El fluido de Bingham, se considera no newtoniano, este necesita un esfuerzo crítico para empezar a fluir y después mantiene un comportamiento newtoniano.⁶³

Figura 12. Representación de curvas de flujo para diferentes fluidos. 1) Fluido newtoniano, 2) Fluido No newtoniano adelgazante, 3) Fluido No newtoniano dilatante, 4) Fluido de tipo Bingham.



Fuente. MENDEZ, PEREZ, PANIAGUA. Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos. {en línea}: http://www.lajpe.org/jan10/36_Mendez_Sanchez.pdf

⁶³ MENDEZ, PEREZ, PANIAGUA. Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos. 22 de enero de 2010. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán. http://www.lajpe.org/jan10/36_Mendez_Sanchez.pdf

3. ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico se basa en definir los requerimientos necesarios para realizar la implementación de un laboratorio donde se deben tener en cuenta los procedimientos para obtener licencias, las condiciones ambientales y sanitarias, condiciones de pruebas de laboratorio como los equipos de uso convencional y de alta gama, las características para la ubicación de los equipos, las distancias que deben tener los diferentes instrumentos, sus condiciones de operación, y la seguridad en el laboratorio. También es necesario especificar el personal requerido.

Para la selección primaria de los equipos tanto de uso convencional como de alta gama, se establece un criterio de decisión sobre los análisis más utilizados o solicitados por parte de los laboratorios de reología encontrados en la ciudad de México y se esperaría que fueran las más demandadas en este laboratorio. Además, se consideró las necesidades actuales de las industrias en cuanto a los análisis reológicos y los equipos necesarios para los mismos. Partiendo de esto se realizará un listado en los que se clasifican los instrumentos y equipos tanto de uso convencional como de alta gama.

Con respecto a la caracterización física del laboratorio, se busca como primera medida un lugar o sector en el cual se pueda ubicar el laboratorio partiendo del plan de ordenamiento territorial de Bogotá el cual menciona las zonas industriales de mayor importancia, se analizan las ventajas de la zona seleccionada para la implementación. Para la distribución interna del laboratorio se utilizó “The sustainable laboratory handbook”⁶⁴, con el fin de dar detalles sobre las distancias requeridas para la separación de los pasillos, mesones y salidas. Para obtener la información general del laboratorio como la cantidad de extintores, condiciones de acceso, entre otras, se utiliza la normatividad nacional, especialmente la NTC 17025 y las normas BOCA y para establecer las políticas de seguridad en el laboratorio se toma como referencia la norma OSHA 1910, especificando los tipos de protección que deben ser implementados.

3.1 REQUISITOS Y VIABILIDAD NORMATIVA

En Colombia hay variedad de reglamentaciones que se deben cumplir para el funcionamiento de los laboratorios en el país. Algunos que se consideran importantes para tener en cuenta pueden ser:

- La norma ISO 17025. “requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. Esta norma proporciona los requisitos necesarios que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración, facilitando la armonización de criterios de calidad.
- La ley 9 de 1979 por la cual se dictan medidas sanitarias.

⁶⁴ Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation. 2015. p 13 a 20.

- El decreto 1074 de 2015 y 2126 de 2015 por el cual se organiza el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología.
- El CONPES (política nacional de laboratorios) por el cual se reglamenta parcialmente la ley 9 de 1979 en relación con la Red Nacional de Laboratorios y se dictan otras disposiciones.
- La norma ISO 17034. “Requisitos generales para la competencia de los productores de materiales de referencia”.
- El decreto 1471 de 2014 por el cual se reorganiza el Subsistema Nacional de Calidad y se modifica el decreto 2269 de 1993.

3.1.1 Procedimientos para obtener licencias. En el laboratorio se van a realizar análisis en alimentos y farmacéutica, por lo cual el control de calidad resulta ser más riguroso. La resolución 16078, indica que para estos es posible realizar pruebas en “laboratorios particulares u oficiales que estén legalmente establecidos, aprobados e inscritos en la División de Saneamiento Ambiental del Servicio de Salud respectivo”, por lo tanto, para poder funcionar como laboratorio en estos dos campos se debe obtener una licencia de funcionamiento otorgada por el departamento de salud pública de la secretaría de educación y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos.

Para los procedimientos con pinturas y sustancias petroquímicas es necesario que regulen la Superintendencia de Industria y Comercio que, junto con el organismo nacional de acreditación, son los encargados de la organización y acreditación de un laboratorio de pruebas y ensayos de metrología.⁶⁵

3.1.2 Condiciones ambientales y sanitarias. Para la implementación y el funcionamiento del laboratorio se deben tener en cuenta:

Condiciones Sanitarias⁶⁶

El laboratorio debe estar ubicado en un lugar que evite cualquier contaminación por el ambiente exterior, para ello deben tener separaciones físicas y mantener los lugares externos limpios (sin basura y aguas estancadas):

- Las secciones de los laboratorios no podrán estar cerca o ser utilizadas como viviendas o dormitorios.
- Debe haber diferentes puntos de suministro de agua potable de acuerdo a la distribución de las áreas.

⁶⁵ COLOMBIA, MINISTERIO DE SALUD. Resolución 16078 (28 de octubre de 1985). Por el cual se reglamentan los requisitos de funcionamiento de los laboratorios de control de calidad de alimentos. Bogotá D.C.: El Ministerio. 1985. P 1

⁶⁶ COLOMBIA, CONGRESO. Ley 9 de 1979 (enero 24). Por el cual se dictan medidas sanitarias. Bogotá D.C.: El Congreso. 1979.

- Los pisos, paredes y demás instalaciones deberán ser de material impermeable, de fácil aseo y de colores claros.
- Los baños deben estar totalmente aislados de las áreas del laboratorio.
- El laboratorio deberá tener adecuada iluminación, ya sea natural o artificial.
- Deberá tener un área estéril para llevar a cabo diferentes análisis microbiológicos.
- Una de las áreas del laboratorio deberá ser exclusivamente de lavado, desinfección y esterilización de los materiales y equipos que se utilicen.
- El área de almacenamiento de las muestras deberá ser adecuado para evitar el daño de las mismas.
- Si el laboratorio cuenta con sección de microbiología, fisicoquímica, bromatología y/o organoléptica, deberán estar separadas cada una de ellas.

Condiciones Ambientales⁶⁷

- Las condiciones ambientales, iluminación y ventilación deberán ser adecuadas para evitar alteración alguna de los análisis que se realizan.
- Se debe realizar un seguimiento y control de las condiciones ambientales, si los métodos y procedimientos lo requieren (en donde influyan en la calidad de los resultados).
- Debe existir especial atención a la esterilidad, el polvo, radiación, humedad, temperatura, ruido y vibración.
- Debe haber una separación física de áreas donde las actividades sean incompatibles.
- El laboratorio deberá tener control en el ingreso de personas (externas o propias de la organización).
- Las instalaciones deberán mantenerse limpias y en orden.
- Es importante asegurar que los materiales que se manipulen, junto con las condiciones ambientales del lugar no afecten a la salud de quienes se encuentren dentro de las instalaciones.

3.2 EQUIPOS PARA PRUEBAS REOLÓGICAS

3.2.1 Matriz de selección. Para realizar la elección de los equipos que se tendrán en cuenta para la instalación del laboratorio se realizó una matriz de selección (Tablas 4 y 6) en donde se evaluaron los siguientes parámetros:

⁶⁷ ICONTEC. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NTC-ISO/IEC 17025. Bogotá D.C. El instituto, 2005.

- **Tipo de tecnología:** Alta, Medio-Alta y Media, se tendrá en cuenta el tipo de software que maneja cada uno de los equipos, la traducción de los resultados, tiempo de evaluación de las muestras y la calidad de los datos obtenidos. Esta tendrá una ponderación sobre la suma final del 20%.
- **Costo del equipo:** Dependiendo de los equipos que se coticen se evaluará el precio correspondiente a la compra e instalación del mismo. Esta tendrá una ponderación sobre la suma final del 40%.
- **Capacidad:** Dependiendo del equipo analizado puede darse sea en volumen, masa, potencia, rangos, velocidad o número de muestras que analizara el equipo (para los de alta gama). Esta tendrá una ponderación sobre la suma final del 20%.
- **Garantía:** Evaluará la cantidad de tiempo que ofrece el equipo asistencia técnica de forma tanto correctiva como preventiva. Esta tendrá una ponderación sobre la suma final del 20%.

Después de analizar los parámetros anteriormente descritos entre las cotizaciones de cada uno de los equipos se dará una calificación de 1 a 5 siendo 1 el valor de menor beneficio y 5 el de mayor beneficio. Se sumarán estos valores por marca y equipo (teniendo en cuenta la ponderación de cada parámetro), el mayor valor de cada uno de estos será el equipo que se seleccionará para la posterior evaluación financiera e implementación en el espacio seleccionado.

Tabla 4. Equipos de uso convencional

Equipo	Marca	Tecnología	Nota	Capacidad	Nota	Costo (COP)	Nota	Garantía (meses)	Nota	Plazo entrega	Suma
Agitador mecánico	INSTRUMENTALIA	MEDIA	3	3 L	3	\$2.323.475	3	12	4	10-12 días	3,2
	QUIMICOS LTDA	ALTA	5	19 L	4	\$2.041.210	3	12	4	10-12 días	3,8
	LABOTIENDA	MEDIA	3	1L	2	\$1.260.719	4	12	4	10-12 días	3,4
Balanza	PCE Instruments	MEDIA	3	3000 g	4	\$341.722	4	12	4	2-3 días	3,8
	CASA CIENTIFICA	ALTA	5	320 g	3	\$775.870	3	12	4	2-3 días	3,6
	INSTRUMENTALIA	ALTA	5	6000 g	5	\$1.675.583	3	12	4	2-3 días	4
Baño de aceite	LABOTIENDA	ALTA	5	5 L	3	\$1.660.556	4	18	4	2-3 días	4
	vidraFOC	MEDIA	3	11 L	4	\$2.313.764	3	18	4	2 semanas	3,4
	LETSLAB	ALTA	5	12 L	4	\$2.674.343	3	18	4	1 semana	3,8
Baño maria	INSTRUMENTALIA	MEDIA	3	10 L	4	\$3.235.295	3	24	5	2-3 semanas	3,6
	LABOTIENDA	ALTA	5	12 L	4	\$1.647.783	4	18	4	2-3 días	4,2
	vidraFOC	ALTA	5	11 L	4	\$2.313.764	3	18	4	2 semanas	3,8
Baño de precisión para viscosímetros capilares	HUAZHENG	ALTA	5	20 L	5	\$12.529.200	2	12	3	1 mes	3,4
	J.P SELECTA S.A.	MEDIA	3	20 L	5	\$5.791.297	4	12	3	2 semanas	3,8
	vidraFOC	ALTA	5	20 L	5	\$6.096.115	4	12	3	2 semanas	4,2

Tabla 4. (Continuación)

Equipo	Marca	Tecnología	Nota	Capacidad	Nota	Costo (COP)	Nota	Garantía (meses)	Nota	Plazo entrega	Suma
Horno	INSTRUMENTALIA	MEDIA	3	53 L	5	\$13.000.750	3	24	5	2-3 semanas	3,8
	J.P SELECTA S.A.	ALTA	5	47 L	3	\$12.949.428	3	24	5	2-3 semanas	3,8
	QUIMICOS LTDA	MEDIA	3	50 L	4	\$12.642.785	3	24	5	2-3 semanas	3,6
pHmetro	PCE Instruments	ALTA	5	0-14	5	\$3.867.629	3	12	4	3-5 días	4
	QUIMICOS LTDA	ALTA	5	0-14	5	3.567.900	4	24	5	3-5 días	4,6
	INSTUMENTALIA	MEDIA	3	0-14	5	3.839.981	4	12	4	3-5 días	4
Termómetro	PCE Instruments	MEDIA	3	-100 a 300°C	5	\$550.782	4	6	3	10 días	3,8
	INSTRUMENTALIA	ALTA	5	-150 a 500°C	5	\$1.399.520	3	12	4	12 días hábiles	4
	QUIMICOS LTDA	MEDIA	3	-100 a 300°C	5	\$843.250	4	6	3	12 días hábiles	3,8

Fuente: elaboración propia

3.2.2 Equipos de uso convencional. En la tabla 5 se muestran los instrumentos convencionales básicos que necesita el laboratorio.

Tabla 5. Equipos de uso convencional seleccionados y sus respectivas referencias.

No	Equipo	Referencia
1	Agitador mecánico	Modelo MSH-20D WiseStir
2	Balanza	BOECO 04400534
3	Baño de aceite	Baño de aceite digital, 5 L
4	Baño maria	Baño María digital 12 L 4 plazas
5	Baño de precision	SELE.3001423, Marca: Selecta
6	Horno	RedLine 9090-0002
7	PHmetro	Modelo STAR A211
8	Termómetro	Welch Allyn 01006580

Fuente: elaboración propia.

Balanza: Marca BOECO referencia 04400534 de Alemania presenta las siguientes características:

- Pantalla de alto contraste (HCD).
- Ajuste interno controlado por tiempo y temperatura automático.
- Tecnología de pesaje HRT.
- Capacidad: 6000 g
- Resolución 0,1 g con conexión recargable interna con cargador.
- Máxima capacidad 6000 g
- Legibilidad: 0,1 g
- Rango de tara: - 6000 g
- Repetibilidad: 0.3 g
- Linealidad: 0.3
- Accesorios: Manual de instrucciones⁶⁸

Horno: Marca RedLine referencia 9090-0002 con las siguientes características:

- Control por microprocesador con pantalla digital de la temperatura en ° C.
- Cubierto con una sensibilidad.
- Se puede configurar para 0-9999 minutos o en continuo Pre-set de alta temperatura clase termostato de seguridad límite 1 El conducto de salida (Ø 50 mm) en la parte trasera de la unidad con la diapositiva ajustable manualmente.

⁶⁸ Instrumentalia. Balanza básica de precisión Bwl 61 Boeco. (en línea): <https://instrumentalia.com.co/balanzas/5645-balanza-basica-de-precision-bwl-61-boeco-alemania-laboratorio-clinico-rutina-investigacion.html>

- Interior de acero inoxidable equipado con 2 estantes cromados (4 estantes máx.) 2 unidades son apilables directamente utilizando las barras de instalación suministrados por las unidades.
- Capacidad: 53 L
- Rango de temperatura (° C): 7 por encima del ambiente hasta 220°C
- Uniformidad a 150 ° C (± C): ± 3,6
- Precisión a 150 ° C (± C): ± 0,4
- Tiempo de calentamiento a 150 ° C (min): 45
- El tiempo de recuperación a 150 ° C (min): 18
- Voltaje Nominal 50/60 Hz (V): 230 V-Versión del CE certificado / del enchufe: UE
- Potencia nominal (W): 800
- Dimensiones Externas.: Ancho / Alto / Profundidad (mm): 600/680/620
- Dimensiones Internas.: Ancho / Alto / Profundidad (mm): 400/400/330
- Peso incluido. 2 estantes (kg): 41⁶⁹

Termómetro: Marca Welch Allyn referencia 01006580 que presenta las siguientes características:

- Pantalla de cristal líquido que permite fácil lectura de los parámetros de temperatura.
- Indicador de clase de sonda utilizada (oral, axilar, rectal).
- Indicador de modo: normal o monitor
- Indicador de posición y desperfectos de sondas.
- Indicador de anomalía en la temperatura.
- Indicador de desperfectos del termómetro.
- Indicador de estado de baterías.
- Opción para toma de temperatura rectal.
- Dimensiones: Profundidad 5.7 cm, Ancho 7.6 cm, Altura 17.8 cm.
- Accesorios:
 - Sonda para toma de temperatura oral/axilar
 - Cubierta azul para guardar las sondas
 - Caja con 25 puntas desechables, para la sonda.
 - Manual de operación funcionamiento: 3 pilas alcalinas aa.⁷⁰

⁶⁹ Instrumentalia. Hornos convección gravedad. {en línea}: <https://instrumentalia.com.co/incubadoras-estufas-hornos/1281-hornos-conveccion%C3%B3n-gravedad-capacidad-53-lt.html>

⁷⁰ Instrumentalia. Termómetro digital Suretemp Plus 01690-410 Welch Allyn. {en línea}: <https://instrumentalia.com.co/inicio/3036-termometro-digital-suretemp-plus-01690-410-welch-allyn-usa-termometro-digital-portatil.html>

Agitador: Modelo MSH-20D WiseStir. Es un equipo versátil que cubre todas las necesidades del usuario, registra temperatura, velocidad de agitación, tiempo y temperatura del líquido (con sonda PT100), cuando la sonda no está conectada el equipo registra la temperatura ambiente y la temperatura de la placa.

Tiene un control digital intuitivo de fácil manejo y capacidad de agitación a hasta 20 litros. El dial permite ajustar la velocidad, la temperatura y el tiempo requerido, los datos se registran en la pantalla LCD y cuenta con las siguientes características adicionales:

- Velocidad ajustable hasta 1500 rpm
- Temperatura ajustable hasta 380°C
- Sensor pt100 (control de la temperatura del líquido)
- Pantalla LCD, muestra valores de velocidad de agitación temperatura y tiempo
- Plato de cerámica resistente a derrames y ácidos
- Capacidad de agitación y calentamiento: 20 litros
- Sistema de auto-compensación de temperatura real y la temperatura indicada ($\pm 10.0^{\circ}\text{C}$)⁷¹

pHmetro: Modelo STAR A211, Thermo Scientific. Cualquier persona puede utilizar este medidor con un manejo intuitivo y guiado además de su gran pantalla con indicadores y teclas programables de actualización para una fácil selección y una interfaz multilingüe que soporta inglés, español, francés, italiano, alemán y el chino mandarín.

No se perderá la lectura con la función AUTOREAD™ que bloquea la lectura estable en la pantalla con indicador de alerta "listo" cuando las lecturas son estables y cuenta además con las siguientes características:

- Calibración sencilla con Hasta 5 puntos de calibración de pH con reconocimiento automático de tampones INM Colombia o USA / NIST y DIN.
- Con la función de edición de calibración permite corregir errores sin recalibración.
- Memoria no volátil con capacidad para 2.000 puntos de datos con fecha y hora.
- Fácil transferencia de datos puertos USB y RS232, software gratuito de análisis de datos.

⁷¹ Quimicos Ltda. Agitador magnético modelo MSH_20D Daihan Scientific- WISD. (en línea): http://yarethquimicos.com/Agitador_magnetico_con_calentamiento_MSH-20D_y_MSH30D_Daihan_Scientific_Yareth_Quimicos_Ltda.html

- Opción de sonda para agitar las muestras sin una placa de agitación con control directo desde el equipo Orino Star utilizando la sonda agitadora.
- Incluye brazo soporte con nuevo diseño que facilita colocar y mantener los electrodos en las muestras.
- Funciona con casi todas las fuentes de alimentación de AC con el adaptador de corriente incluido universal o el uso de cuatro pilas AA.
- Protección IP54 protege el equipo de salpicaduras y polvo.⁷²

Baño maría: Baño María digital 12 L 4 plazas

- Capacidad: 12L (cuba de una pieza).
- Regulación digital de temperatura y tiempo.
- Teclado de membrana hermético.
- Rango de T: RT+5°C - 100°C (+/-1°C).
- Temporizador: 1 s – 9 999 s.
- Señal acústica sobrecalentamiento: > 10°C.
- Medidas útiles aprox.: 32x30x10 cm.
- Incluidos tapa y anillos reductores (desmontables).
- Nº de orificios: 4.
- Bomba de vaciado eléctrico.⁷³

Baño de aceite: Baño de aceite digital, 5 L. Cuenta con las siguientes características:

- Capacidad: 5L (cuba de una pieza).
- Regulación digital de temperatura y tiempo.
- Teclado de membrana hermético.
- Rango de T: RT+5°C - 200°C (+/-1°C)
- Temporizador: 1' - 9999'
- Señal acústica sobrecalentamiento: > 10°C
- Medidas útiles aprox.: 30x15x10 cm
- Incluidos tapa y anillos reductores (desmontables)
- Nº de orificios: 2⁷⁴

⁷² Químicos Ltda. pHmetro de mesa modelo STAR A211 Thermo Scientific. (en línea): http://yarethquimicos.com/pHmetro%20de%20mesa%20Star%20A211-Thermo_Scientific_Yareth_Quimicos_Ltda.html

⁷³ Labotienda. Baño Maria digital 12L 4 plazas. (en línea): <https://www.labotienda.com/es/productos-laboratorio/bano-maria-digital-12l-4-plazas/>

⁷⁴ Labotienda. Baño de aceite digital, 5L. (en línea): <https://www.labotienda.com/es/productos-laboratorio/bano-de-aceite-digital-5-l/>

Baño de precisión para viscosímetros capilares: Ref. SELE.3001423, Marca: Selecta.

Para la calibración de viscosímetros de vidrio según Cannon Fenske (líquidos transparentes y opacos), Ubbelohde, Ostwald... según normas UNE 400313, ISO 3105 y ASTM 445 y 2515. Cuenta con las siguientes características:

- Para temperaturas regulables entre ambiente 5 °C y 100 °C.
- Resolución de 0.1 °C.
- Estabilidad de temperatura ± 0.05 °C.
- Sensor de temperatura Pt-100.
- Indicación digital de la temperatura real y de consigna.
- Tapa en acero inoxidable AISi 304 con tres orificios para alojar viscosímetros y orificio para termómetro de control de temperatura.
- Capacidad del baño, 20 L
- Placa blanca para optimizar la observación de los viscosímetros.⁷⁵

3.2.3 Equipos de alta gama. En las tablas 8 y 9 se muestran los equipos necesarios para el laboratorio.

⁷⁵ Vidrafoc. Baño de precisión para viscosímetros. (en línea): <https://www.vidrafoc.com/ba-o-de-precision-para-viscosimetros-vb-1423-selecta.html>

Tabla 6. Equipos de alta gama.

Equipo	Marca	Tecnología	Nota	Capacidad	Nota	Costo / Unidad	Nota	Garantía (meses)	Nota	Plazo entrega	Suma
Reómetros capilares	Anytester	MEDIA	3	Hasta 10 kN	3	\$65.766.000	5	18	5	2 meses	4,2
	ZME Instrument	ALTA	5	10 - 25 kN	4	\$164.415.000	3	18	5	2 meses	4
	Xian Yima Optoelec Co.	ALTA	5	Hasta 50 kN	5	\$70.698.450	4	18	5	2 meses	4,6
Reómetros rotacionales	CECOLTEC	MEDIA	3	0.001 - 20 N	3	\$226.422.000	4	24	5	2 meses	3,8
	Anton Parr	MEDIA	3	0.01 - 50 N	4	\$303.134.700	4	24	5	2 meses	4
	Anton Parr	ALTA	5	0.005 - 70 N	5	\$593.769.000	3	24	5	2 meses	4,2
Viscosímetros capilares	FISHERBRAND	MEDIA	3	7 mL	3	\$346.370	4	0	1	2 semanas	3
	SI Analytics	ALTA	5	15 - 25 mL	5	\$1.305.265	3	0	1	3 semanas	3,4
	SI Analytics	ALTA	5	18 - 22 mL	4	\$1.646.534	3	0	1	3 semanas	3,2
Vistosímetros rotacionales	BIOLABOR	ALTA	5	1 - 2M cP	3	\$8.761.978	4	24	5	2 semanas	4,2
	PCE Instruments	ALTA	5	20 - 13M cP	4	\$10.166.925	4	24	5	20 días	4,4
	LAMY RHEOLOGY	ALTA	5	15 - 16M cP	5	\$9.312.330	4	24	5	2 semanas	4,6

Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Equipos de alta gama seleccionados y sus respectivas referencias.

No	Equipo	Referencia
1	Reómetro Capilar	YM-HARPO
2	Reómetro Rotacional	MCR 502
3	Viscosímetro Capilar	Ubbelohde
4	Viscosímetro Rotacional	FIRST PRO PLUS

Fuente. Elaboración propia.

Reómetro capilar

- Valor máximo de fuerza: 50 kN
- Dinámica relación: 1:40000
- Control de temperatura: control PID de calefacción/refrigeración de 4 vías.
- Precisión de medición de presión de fusión: 0.25% F.S
- Velocidad de prueba: 0.03-1200 mm/min.
- Temperatura máxima de prueba: 350°C.
- Control de temperatura de precisión: $\pm 0.1^\circ\text{C}$.
- Diámetro del cilindro: 12 mm.
- Rango de medición de presión de fusión: 0.1 MPa – 105 MPa⁷⁶

Reómetro rotacional MCR 502 TDR

- Máximo torque: 300 mNm; Mínimo torque de rotación: 1 mNm; Mínimo torque de oscilación: 0.5 mNm
- Modo EC (velocidad de corte controlada y esfuerzo de corte)
- Desviación angular, valor de ajuste: 0,05 a infinito
- Velocidad angular mínima: 10^{-9} rad/s
- Velocidad angular máxima: 220 rad/s
- Rango de fuerza normal: 0,005 a 70 N
- Toolmaster TM, sistema de medición; Toolmaster TM, célula de medición; Conexión rápida para sistemas de medición, sin tornillos; Cerradura eléctrica para el sistema de medición.
- Peltier fresco, sistema Peltier con opción de enfriamiento incorporada que no requiere accesorios adicionales para el contraenfriamiento: -5°C a 200°C
- Rango máximo de temperatura: -160 a 1000°C
- Rango de presión: Hasta 1000 bar
- Control/ajuste automático de huecos, AGC/AGS
- TruGap TTM para la medición in situ y el control de la brecha

⁷⁶ Xian Yima Optoelec Co. Ltda. Reómetro capilar de alta presión. {En línea}. <https://m.spanish.alibaba.com/p-detail/HARPO-High-pressure-capillary-rheometer-60378776602.html>

- Perfiles normales de fuerza y velocidad, tachuela, compresión.
- Datos sin procesar (LAOS, waveform).⁷⁷

Viscosímetro capilar Ubbelohde con tubo adicional

- Adecuado para líquidos transparentes
- Medición manual y automática
- Líquidos espumantes, mezcla líquida con componentes altamente volátiles
- Mediciones de alta o baja temperatura.
- Constante aproximada: 0,03K
- Volumen de la muestra: 18 - 22 mL
- Para determinar viscosidad cinemática absoluta o relativa
- Tiene un tubo adicional y roscas
- Tamaño: 0,84 mm de diámetro.⁷⁸

Viscosímetro rotacional FIRST PRO PLUS

- Velocidad de rotación: Número de velocidades ilimitadas entre 0,3 y 250 rpm
- Rango de torsión: Versión estándar. de 0,05 a 13 Mnm VERSIÓN LR: de 0.005 a 0.8 mNm
- Temperatura: El FIRST PRO PLUS está equipado con una sonda PT100 que indica la temperatura de -50 ° C a 300 ° C.
- Precisión: +/- 1% de escala completa
- Repetibilidad: +/- 0.2%
- Pantalla: Viscosidad (cP / Poises o mPa.s / Pa.s) velocidad de cizallamiento-torque-esfuerzo-tiempo-temperatura
- Seguridad y confidencialidad: Una función de "operador" le permite ingresar el nombre del usuario de su instrumento. Este usuario deberá identificarse con un código de 4 dígitos. También tiene un modo protegido que bloquea sus condiciones de medición.
- Idiomas: francés / inglés / ruso / español
- Sistemas de medición compatibles: MS DIN, MS ASTM, MS BV, MS VANE, MS ULV, MS SV, MS CP
- Controles de temperatura compatibles: DIN EVA, EVA LR-BV, RT1, CP1
- Tensión de alimentación: 90-240 VAC 50/60 Hz
- Conexiones de PC: RS232 y puerto USB^x
- Conexión de la impresora: Puerto USB HOST - PCL / 5 compatible

⁷⁷ Anton Paar. Reómetro rotacional MCR 502. {En línea} <https://www.anton-paar.com/mx-es/productos/detalles/reometro-mcr-102-302-502/>

⁷⁸ SI Analytics. Viscosímetro capilar con tubo adicional. {En línea} <http://www.medicalexpo.es/prod/si-analytics/product-80700-640549.html>

- Opciones: Estuche de transporte (REF 100500), Soporte de bastidor de transporte (REF P008000), Software (REF N311000 + N311700)
- Dimensiones y peso: Cabeza: L180 x W135 x H250 mm, Soporte de acero endurecido: L280 x W200 x H30 mm, Varilla de acero inoxidable: Longitud 500 mm, Peso: 6.7 kg⁷⁹

3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Otro de los factores importantes que se deben tener en cuenta para la implementación del laboratorio es el lugar en el que va a funcionar; el diseño del mismo proporciona el espacio adecuado para el desarrollo de las pruebas y análisis seleccionados; así mismo, facilita los controles y la limpieza, crea condiciones ambientales adecuadas para el almacenamiento de las muestras y reactivos, facilita la manipulación de muestras y desarrollo de métodos cumpliendo con todas las condiciones de seguridad y las normativas exigidas para la ejecución del laboratorio. El análisis del lugar permite el desarrollo óptimo de las actividades que se realicen en el laboratorio y por eso este estudio se abordará desde dos enfoques diferentes: la ubicación y la distribución del laboratorio, la primera hace referencia a las condiciones externas del laboratorio, es decir, el sector óptimo en el que se podría ubicar, mientras la distribución es sobre las características internas que debe tener el laboratorio dependiendo de la organización de los módulos internos.

Las características referentes al lugar son planteadas con el fin de proveer el cumplimiento de las normas, principalmente la ISO/IEC 17025 que aborda el sistema de gestión para el buen funcionamiento del laboratorio, todo esto con el fin de asegurar el desarrollo de las actividades del laboratorio y que estas no sean interferidas por las condiciones ambientales, la distribución del lugar, las características del sector y el funcionamiento del mismo.

3.3.1 Ubicación del laboratorio. De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá, las industrias que se encuentran en la ciudad se han ido reorganizando en zonas específicas, con el fin de descongestionar el flujo de transporte dentro de la ciudad y disminuir las emisiones que producen las industrias y que afectan la salud de la población que se encuentran a su alrededor, entre estas se encuentran las localidades de Puente Aranda, Fontibón y Kennedy, puesto que allí se localizan 37.632 empresas.⁸⁰ En términos de activos, éstas aportan el 8,7% del total de la ciudad.

⁷⁹ LAMY Rheology. Viscosímetro rotacional. {En línea}. <https://www.blamis.com.co/product/viscosimetro-first-plus-lr-con-juego-de-husillos-l1-to-l4>

⁸⁰ Fuente: Observatorio Económico de Bogotá. Dirección de Estudios e Investigaciones. Cámara de Comercio de Bogotá.

Realizando un análisis de cada una de las zonas industriales que se encuentran en la ciudad de Bogotá se llegó a la determinación de situar este laboratorio en la localidad de Fontibón, esta se encuentra cerca al Instituto Nacional de Metrología de Colombia y como el proyecto va dirigido al mismo es importante reconocer que debe estar situado cerca. También es importante conocer qué estrato social se va a tener en cuenta en el laboratorio, para esto es necesario contar con los pagos de servicios públicos tales como luz, agua, gas, telefonía fija y móvil e internet los cuales son necesarios para la evaluación financiera del proyecto que se tendrá en cuenta en el Capítulo 4. La zona industrial de Fontibón cuenta con ciertos beneficios, entre ellos están:⁸¹

- Beneficios financieros: La tarifa de renta se reduce en 15%, no están obligados a pagar arancel e IVA de productos que se encuentren dentro de la zona industrial, solo hasta cuando sean importados éstos valores deben ser causados, no paga impuestos sobre bienes que han perdido su valor comercial, etc.
- Beneficios aduaneros: No se pagan tributos aduaneros sobre bienes de capital, la nacionalización de los productos puede realizarse en el momento que salgan de la zona industrial, el pago de impuestos se basa sobre mercancía en buen estado, se puede almacenar indefinidamente la mercancía, se pueden realizar exportaciones sin necesidad de trámites aduaneros solo con un documento de exportación.

Para pertenecer a la zona industrial de Fontibón existen diferentes clases de usuarios (usuario operador, usuario industrial de bienes, usuario industrial de servicios, usuario comercial), en este caso, el laboratorio sería un usuario industrial de servicios. En el anexo D se encuentran los requisitos necesarios para calificar como usuario industrial en la zona industrial de Fontibón, el costo que se debe asumir tanto para el estudio de calificación y registro como usuario de la misma y los derechos del sistema PICIZ (Software integral para el control de sistemas de información de las zonas de libre comercio) depende de del Usuario Operador, es decir, de aquel que administra y supervisa las zonas industriales. A 2012 este costo era de aproximadamente 2.000 dólares.⁸²

La zona industrial de Fontibón se encuentra cerca de vías principales como la calle 26, carrera 68 y Avenida Boyacá, junto con vías que comunican con las carreteras centrales del país que facilita el acceso al laboratorio, por otro lado, se encuentra

⁸¹ Rivas, Rubén. La importancia de la Zona Franca de Bogotá como herramienta gerencial de gestión logística para las empresas colombianas. Trabajo de grado para optar al título de Administrador de Empresas. Pontificia Universidad Javeriana. 2008. [5 de noviembre de 2012]. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis104.pdf>

⁸² ORTEGA, Angie, ROJAS, Diana. Evaluación técnico-financiera para la implementación de un laboratorio de alta tecnología para alimentos en Colombia. 2013. p 82.

cerca de diferentes empresas que pueden ser posibles clientes, lo que reduciría el tiempo de respuesta frente a sus necesidades, como en el análisis y muestreo de diferentes sustancias.

3.3.2 Condiciones básicas para la distribución del laboratorio. Para realizar el montaje del laboratorio, inicialmente debe conocerse la distribución total donde se tendrá en cuenta los posibles riesgos y accidentes, los equipos que este vaya a tener, las condiciones de las pruebas que se vayan a realizar, la organización y distribución del laboratorio y demás necesidades técnicas que se puedan presentar y que permitan un adecuado ordenamiento del sitio. El diseño del laboratorio tiene que ver principalmente con la función que se vaya a desempeñar en el laboratorio dependiendo el enfoque que se presente, pero también se debe tener en cuenta aspectos básicos como la ventilación, la iluminación, las condiciones de temperatura entre otras que pueda dar la diferencia con los demás laboratorios.

- **Principios básicos para la distribución del laboratorio**

La base de estos principios es aprovechar al máximo el espacio de los laboratorios ya que su implementación y funcionamiento tiene elevados costos, por lo que es necesario disponer de espacios adecuados como los armarios, las paredes, baños, cuartos de almacenamiento y demás para tener un espacio físico más eficiente que tenga flexibilidad para realizar futuras extensiones.

La seguridad y salud de los analistas es uno de los principales criterios que se tienen en cuenta a la hora de la distribución del laboratorio y de ahí es donde se basa la adaptación de los lugares de acceso, los materiales de construcción, las puertas, distancia de los corredores, número de pisos, cuartos de almacenamiento, la disposición de los equipos entre otros aspectos.

En los laboratorios pueden existir áreas con más riesgo de accidentes o explosiones que deben ser ubicados lejos del pasillo de entrada y deben estar alejadas de materiales inflamables, explosivos o agentes riesgosos. La zona de recepción debe estar adecuadamente separada de la zona de trabajo con el fin de evitar ingresos de agentes contaminantes que puedan afectar las condiciones del laboratorio, aun así, se debe garantizar la limpieza del aire frecuentemente en la zona de recepción; la puerta que comunica estas dos zonas debe tener un ángulo de compensación de 45° (que se abra parcialmente) con el fin de obstruir el paso del aire al corredor.⁸³

Las condiciones básicas de cada área del laboratorio se pueden mostrar en la figura 13 en donde se muestra un ejemplo de la distribución de las disposiciones elementales de seguridad de un módulo del laboratorio el cual incluye:

⁸³ Ortega Angie, Rojas Diana. Evaluación técnico-financiera para la implementación de un laboratorio de alta tecnología para alimentos en Colombia. Bogotá D.C. Año 2013

- Dos puertas de acceso para facilitar la salida en caso de emergencia.
- Un extintor de fuego.
- Campanas de extracción, ubicadas en una esquina del módulo, para facilitar el transporte de los gases que son llevados por el ducto hacia la azotea.
- Refrigerador, utilizados para el almacenamiento de muestras, contramuestras o reactivos que necesiten de refrigeración; en ocasiones se almacena material inflamable para el control de temperatura, sin embargo, puede utilizarse una cabina para almacenarlas en lugares seguros y alejados del personal.
- Zona de lavado, zona de trabajo, área social.
- Desechos químicos, que deberán ser almacenados y entregados a una entidad especializada en desechar adecuadamente dichos residuos.
- Ventilación de aire, donde se garantice que el lugar se encuentra libre de polvo, corrientes de aire, cambios drásticos de temperatura, es por ello que se recomienda un sistema de ventilación de aire acondicionado.

Se debe tener en cuenta que la variación dada para cada módulo depende considerablemente de las condiciones del equipo, como el acceso de agua, las campanas extractoras de humo, entre otros. El uso de un solo corredor es una ventaja para aprovechar al máximo el área dispuesta, sin embargo, dichas decisiones son influenciadas por las características del terreno y las diferentes secciones.

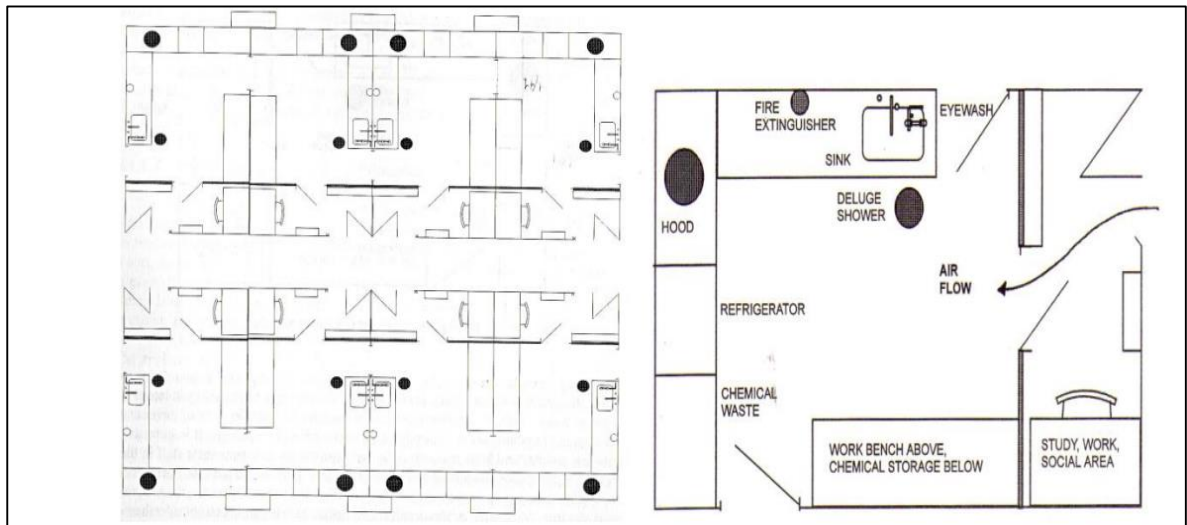
Para la estructuración del laboratorio, es necesario realizar la revisión de los códigos NFPA (National Fire Protection Association) y la BOCA (Building Officials and Code Administrators), la primera habla de las condiciones que se deben adoptar para la protección frente a los riesgos de incendio o explosión del almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos que se trabajan en el laboratorio. Las normas BOCA se utilizan para la clasificación del edificio y tipos de construcción; para la primera indica que los laboratorios hacen parte del Grupo H (High Hazards), donde se encuentran las construcciones de alto riesgo por el uso de materiales (líquidos, sólidos, gas o polvo) explosivos, inflamables, combustibles, corrosivos o tóxicos. Esta clasificación se divide en:⁸⁴

- Grupo H-1: Instalaciones que contienen materiales de riesgo explosivo como peróxidos orgánicos, oxidantes, materiales inestables.
- Grupo H-2: Instalaciones que contienen materiales con menor riesgo que el H-1, como líquidos y gases inflamables y combustibles.
- Grupo H-3: Instalaciones que contienen materiales con un riesgo físico.

⁸⁴ Ortega Angie, Rojas Diana. Evaluación técnico-financiera para la implementación de un laboratorio de alta tecnología para alimentos en Colombia. Bogotá D.C. Año 2013

- Grupo H-4: Instalaciones que contienen materiales que en su actividad presentan un riesgo para la salud. En ocasiones, los laboratorios pertenecen a esta categoría, sin embargo, la mayoría no dados los bajos volúmenes de materiales peligrosos que manejan. En el anexo D se muestran los límites de material que se pueden almacenar para que no presenten alto riesgo físico o para la salud.⁸⁵

Figura 13. Diagrama de distribución estándar de un laboratorio.



Fuente. ORTEGA, ROJAS. Angie, Diana. Evaluación técnico-financiera para la implementación de un laboratorio de alta tecnología para alimentos en Colombia. p. 95

3.3.3 Distancias mínimas y máximas para el diseño. En algunas ocasiones puede llevar mucho tiempo determinar el espacio requerido, los cálculos llegan a ser muy diferentes a lo que se podría haber tenido previsto. Desde un punto de vista económico, entre más pequeña sea el área total del laboratorio, es mejor. Sin embargo, entre más espacio tenga mayor será la flexibilidad de trabajo a la hora de realizar procesos de laboratorio.

Al momento de determinar más detalladamente las áreas, es esencial diferenciar las definiciones de los tipos de áreas. Un área bruta de piso (GFA por sus siglas en inglés) es dos veces más grande que un área de piso utilizable principal (UFA por sus siglas en inglés); esto se debe a que el área de piso de construcción, área de circulación y funcional ocupan mucho espacio en el edificio del laboratorio.

Los laboratorios industriales se realizan principalmente en forma de GFA, mientras que las UFA o las principales UFA se definen en los laboratorios utilizados para

⁸⁵ Ortega Angie, Rojas Diana. Evaluación técnico-financiera para la implementación de un laboratorio de alta tecnología para alimentos en Colombia. Bogotá D.C. Año 2013

proyectos públicos (como universidades, instalaciones de investigación). Las demandas del espacio deben ser apropiadas; los desarrollos futuros deben ser tenidos en cuenta de manera significativa. Existen grandes diferencias a la hora de determinar la demanda del espacio; en muchos casos, la determinación se da preguntando a los usuarios, estos miden el espacio existente y luego agregan un valor subjetivo para cubrir desarrollos futuros. Existen especificaciones de área central para tareas específicas como se puede observar en la tabla 8:⁸⁶

Tabla 8. Especificaciones centrales de áreas.

Work areas	m ² Work space/occupant	m ² Infrastructure/ occupant	m ² Floor space/occupant
Office/administration/ conference, laws, literature, math	12	3	15
Theoretical IT, design, electronics, hygiene	12	8	20
Analytical and organic chemistry, electro-technics	15	10	25
Physics- and technical chemistry, microbiology, solid-state-physics	15	15	30

Fuente. Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation.

La facilidad de uso del área del laboratorio no se tiene en cuenta muy a menudo al momento de discutir el espacio, no es el número de metros cuadrados lo que es decisivo sino el número de estaciones de trabajo y la cantidad de equipos de laboratorio que se necesitan para trabajar. La cuadrícula del edificio y la profundidad del laboratorio son factores fundamentales en relación con la facilidad de uso del área del laboratorio. Las áreas del laboratorio deben seguir una cuadrícula básica en dirección longitudinal para facilitar el desarrollo técnico y metódico y la utilización eficiente del laboratorio. Las rejillas básicas existen en valores de 1,1 - 1,15 - 1,2 - o 1,25 m, siendo esta última una rejilla de oficina que no es económicamente adecuada para áreas de laboratorio.⁸⁷

En un laboratorio en la década de 1980, una cuadrícula de 1,20 m demostró que los anchos de los corredores eran más grandes de lo requerido lo cual tendría más costo. Se requiere una distancia mínima de 1,45 m entre las estaciones de trabajo opuestas. El uso flexible de áreas de laboratorio con una rejilla de 1,1 m no es posible, la profundidad máxima de una línea del laboratorio tendría apenas 80 cm. La cuadrícula básica de 1,15 m (figura 15), se ha establecido como la cuadrícula

⁸⁶ Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation. 2015. p 15.

⁸⁷ Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation. 2015. p 15.

estándar en la construcción de un laboratorio asegura las distancias mínimas entre las líneas del laboratorio con permisos y el uso efectivo del área del mismo. Algunas comparaciones se pueden observar en la tabla 9.⁸⁸

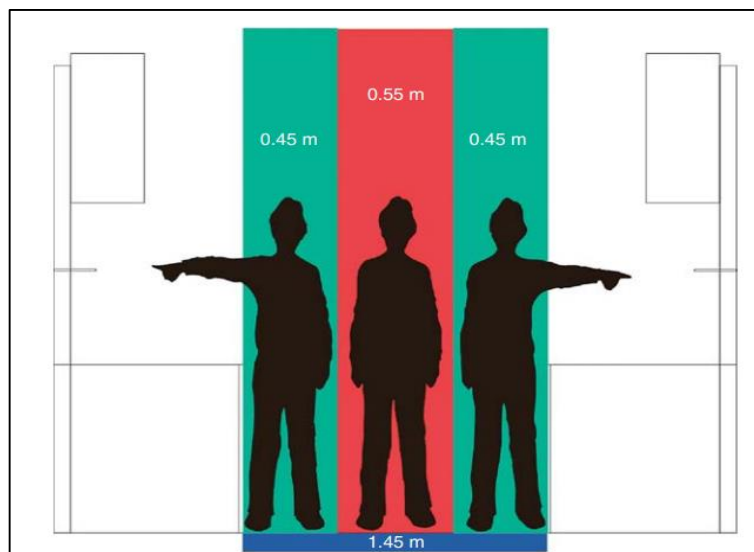
Tabla 9. Comparaciones de espacios de laboratorio con diferentes medidas de rejilla.

Floor size	Grid (m)	Space (m ²)	Change (%)
Depth 7 m; width 6.45 m	1.10	45.15	-4.5
Depth 7 m; width 6.75 m	1.15	47.25	—
Depth 7 m; width 7.05 m	1.20	49.35	+4.4
Depth 7 m; width 7.35 m	1.25	51.45	+8.8

Fuente. Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation.

Es posible observar en las cuatro salas de la figura 16, que los bancos de laboratorio se han realizado en filas de 26 metros lineales cada uno y que las profundidades del banco se han reducido parcialmente mediante la cuadrícula de 1,1. El utilizar una cuadrícula de construcción de 1,25 m se puede observar que hay un aumento en el espacio de aproximadamente 9%.

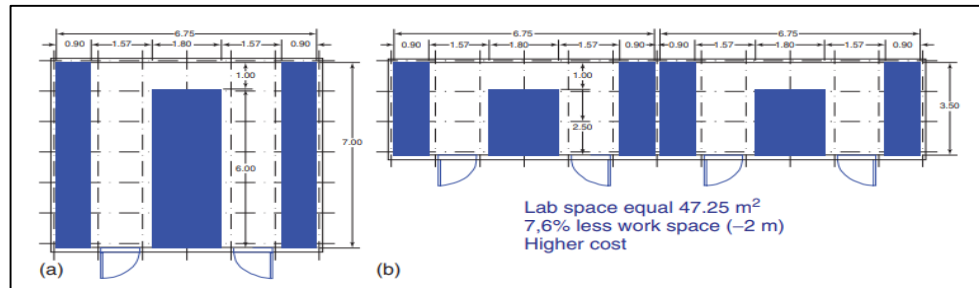
Figura 14. Áreas de distancia para estaciones de trabajo opuestas.



Fuente. Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation. p. 14

⁸⁸ Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation. 2015. p 15.

Figura 15. Tipos de profundidades de lugares de trabajo en laboratorios. a) Área de 47.25 m² y b) 7.6% menos espacio de trabajo.



Fuente. Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation. p. 15

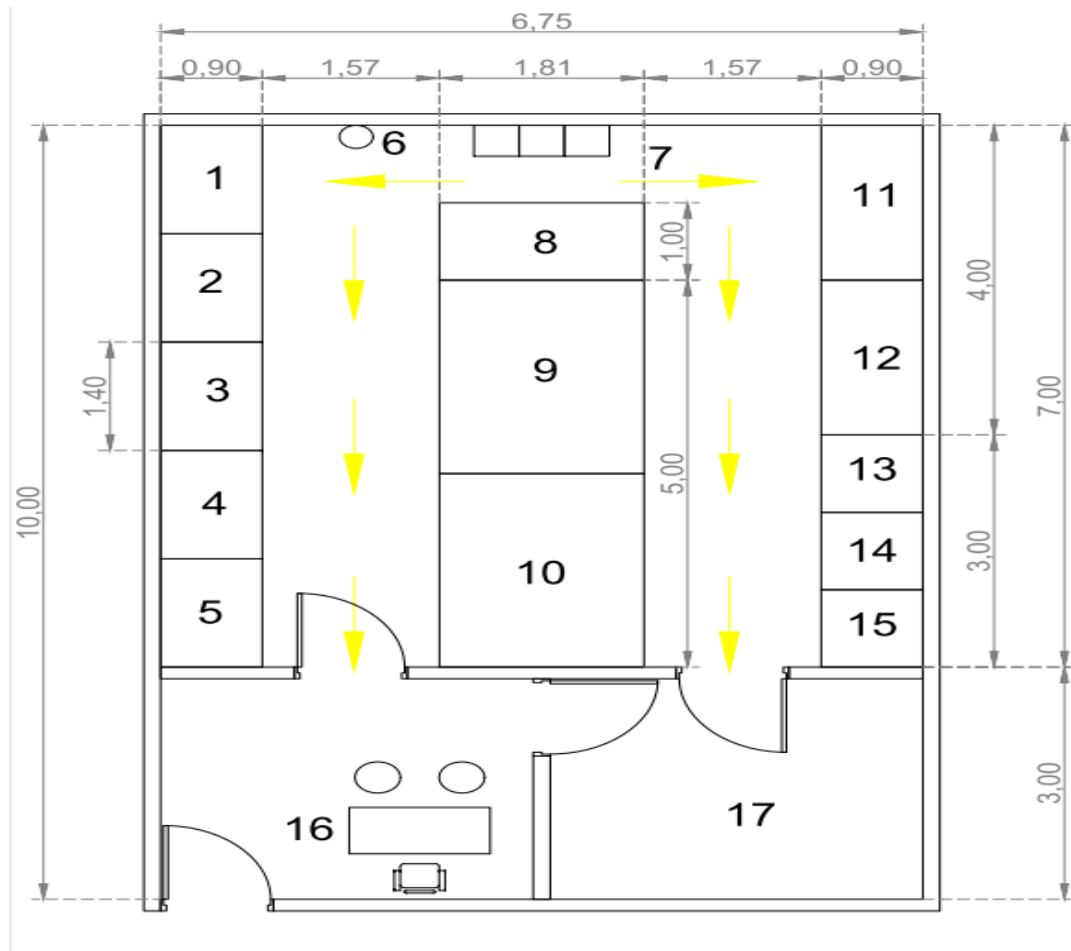
La realización de espacios de laboratorio con profundidades demasiado pequeñas reducirá la superficie de trabajo junto con la superficie básica del laboratorio. Esto se puede observar en la figura 15.

Por lo tanto, es importante considerar el espacio de laboratorio utilizable para bancos de trabajo y equipos adicionales para una determinación adecuada de los requisitos. Por medio de dicha comparación, es posible determinar requisitos comprensibles y áreas de trabajo orientadas a la demanda. Desde el punto de vista práctico, ambos tipos de áreas: un área demasiado pequeña y un área sobredimensionada son desventajosas. El espacio determinado se compara con el área existente. El área demandada, en comparación con el área existente, puede resultar en una mayor o menor cantidad de área requerida. En algunos casos, la distancia de los espacios puede estar debajo de un límite específico, o las funciones no se representarían correctamente.⁸⁹

3.3.4 Acondicionamiento de los espacios. A continuación, se presenta la forma en que quedarán distribuidos los instrumentos de laboratorio dependiendo de las actividades que se vayan a realizar. Esta distribución es fundamental para una correcta organización de las actividades y funciones. En la figura 16 se puede observar el plano con la forma en que quedó distribuido el laboratorio. Se puede notar que está dividido en dos sectores: El sector 1 es el laboratorio en el cual se determinó su estructura con base a la literatura encontrada que facilito el diseño del mismo, además, es donde se realizan todos los análisis. El sector 2 es el área que no se utiliza en el diseño y en el que pueden ser empleados los puntos de almacenamiento y oficina.

⁸⁹ Dittrich Egbert. The Sustainable Laboratory Handbook. Design, equipment and Operation. 2015. p 13 a 20

Figura 16. Plano total de laboratorio.



Fuente: elaboración propia.

1 – Horno	9 - Reómetro capilar
2 - Termómetro	10 - Reómetro rotacional
3 - Balanza	11 - Viscosímetro rotacional
4 - pHmetro	12 - Viscosímetro capilar
5 - Agitador digital	13 - Baño de precisión para viscosímetros capilares
6 - Extintor	14 - Baño maría
7 - Depósitos de residuos	15 - Baño de aceite
8 – Lavado	16 - Oficina
	17 – Almacenamiento

- **Área convencional.** Esta sección corresponde a la línea lateral izquierda del sector 1, tiene un área de 6,3 m² en donde se sitúan los instrumentos convencionales restantes y que pueden ser requeridos para los diferentes análisis. En la parte superior se encuentra el horno; este equipo presenta un gran peso y su movilidad es compleja. Seguido a este se encuentra el termómetro que puede medir la temperatura de los materiales en el momento justo que salen del horno de tal forma que la medición no sea alterada, este equipo no se dejara fijo y como es ligero se podrá movilizar fácilmente por el laboratorio hacia cualquier instrumento que necesite del mismo. En la mitad de este sector se encuentra la balanza, esta es ligera y se puede trasladar fácilmente, es práctico a la hora de realizar algunos análisis donde se utilizan los reómetros. Seguido viene el pHmetro, este se utiliza cuando analizan crudo del petróleo y lo hacen con los reómetros y por eso se deja cercano a ellos. Por último, el agitador es preferible dejarlo también en un punto fijo y no moverlo, esto al igual que el horno se hace también con el fin de que al momento en que se haga una remodelación, haya nuevos instrumentos y se tenga que modificar el sitio de cada uno estos instrumentos queden fijos y no tengan la necesidad de moverlos. El plano de esta área se puede ver de forma más detallada en el Anexo E.
- **Área de extintor y residuos.** Esta se encuentra en la parte superior del plano. Los extintores se ubicarán en puntos centrales del laboratorio para que al momento de necesitarlos en casos de emergencia sea fácil su accesibilidad y se pueda controlar de formas más rápida cualquier tipo de incidente. Los residuos se ubican muy cerca al área de lavado para facilitar deshacerse de estos ya sean sólidos o líquidos y en caso de que no puedan verterse por la tubería al momento de lavar los diferentes implementos que se utilizan. El plano de esta área se puede ver de forma más detallada en el Anexo F.
- **Área de reometría.** Se encuentra en la línea de la mitad del sector 1 donde está situado el reómetro capilar y rotacional. Este espacio cuenta con un área de 9 m² y aunque estos dos instrumentos no ocupan mucho espacio es necesario ubicar también en esta área un computador para facilitar la lectura de los resultados. Del mismo modo, si se va a realizar la calibración de algún reómetro, este puede ser ubicado sin ningún riesgo de caída o falta de espacio. El objetivo principal de esta área es realizar los análisis reológicos. Esta área resulta ser la más importante, en esta los reómetros son capaces de realizar cualquier tipo de análisis y por esto es recomendable que estén situados en la mitad del laboratorio. En caso de que se pueda llegar a necesitar otro de los instrumentos

que se encuentren, estos pueden ser llevados hasta esta área sin ningún tipo de inconveniente o en algunos casos puede depender del tipo de análisis que se necesite. El plano de esta área se puede ver de forma más detallada en el Anexo G.

- **Área de viscosidad.** Se encuentra en la parte superior de la línea lateral derecha del sector 1 en donde están ubicados los viscosímetros capilares y el rotacional. Este sector tiene un área de 3,6 m² y al igual que en el área de reometría, es bastante grande para los instrumentos. En el caso del reómetro rotacional, también puede ser usado un computador para una mayor facilidad en la lectura de la viscosidad. Para el caso de los reómetros capilares, se pueden usar varios al mismo tiempo lo que hace que se requiera mayor espacio para los soportes. El objetivo principal de esta área es determinar la viscosidad dinámica y cinemática. Este sector puede llegar a ser el más utilizado si es necesaria la determinación de la viscosidad es un parámetro fundamental en las industrias de estudio, además muchos de estos laboratorios pueden necesitar que sus viscosímetros sean calibrados. El plano de esta área se puede ver de forma más detallada en el Anexo H.
- **Área de baños.** Se encuentra en la parte inferior de la línea lateral derecha del sector 1. En esta área se encuentra el baño de precisión para viscosímetros capilares, el baño de aceite y el baño maría, tiene un área de 2.7 m² y para cada baño su división fue de igual medida. El objetivo principal de esta área es realizar baños a las diferentes muestras dependiendo de las condiciones que requieran, como en el caso del baño de aceite que se utiliza para baños a muy altas temperaturas. Se ubicó en este sector ya que los análisis reológicos y de viscosidad los pueden requerir y es un punto central entre estas dos secciones. El orden entre el baño de aceite y maría se eligió al azar, este no afecta su ubicación, pero en el caso del baño de viscosímetros capilares se situó al lado de estos para facilitar la realización de los análisis de viscosidad cinemática. El plano de esta área se puede ver de forma más detallada en el Anexo I.
- **Área de almacenamiento y oficina.** Esta área resulta ser del sector 2 en donde se pueden almacenar los materiales que lleguen al laboratorio o que ya hayan sido analizados. También se puede ubicar en esta zona los materiales que necesiten “reposo” o un tiempo de espera para desarrollar un análisis posterior. En la parte lateral derecha se puede ubicar la sección de la oficina, esta no se movería y no incomodaría el ordenamiento de todo el almacenaje. El plano de esta área se puede ver de forma más detallada en el Anexo J.

3.3.5 Seguridad en el laboratorio

- **Implementos de protección personal:** Para garantizar la seguridad del jefe de laboratorio y auxiliares en su puesto de trabajo se le suministran elementos de protección con el fin de prevenir accidentes o futuras enfermedades a causa de los procedimientos realizados, la norma OSHA 1910 trata de las normas de seguridad y salud ocupacional, en ella se expresa que:⁹⁰
- **Protección ocular:** Se utilizan cuando se encuentra riesgo alguno de exposición o lesiones en los ojos o la cara por impacto, radiaciones no ionizantes y exposición química, en el laboratorio las gafas son de uso obligatorio y permanente. Se encuentran los lentes son para uso común, goggles (gafas de seguridad) se utilizan para asegurar que las gafas no se caigan y para aumentar la protección de los ojos y visores que cubren toda la cara, especialmente usado para soldaduras o procesos con salpicaduras.
- **Protección respiratoria:** Está previene la inhalación de reactivos nocivos para la salud, se pueden utilizar respiradores con filtros de aires o tapabocas cuyo material retiene la inhalación de partículas en suspensión. Es necesario utilizarse cuando se están manipulando reactivos volátiles, gases o vapores, el tipo de protección depende del riesgo del material que se esté utilizando, el sistema de ventilación y presencia de campanas extractoras son necesarios para complementar la protección respiratoria.
- **Protección de la cabeza:** En las industrias se utilizan los cascos como elemento de protección para evitar golpes en la cabeza y su resistencia depende del tipo de trabajo que se realice, sin embargo, en el laboratorio se utilizan cofias para evitar la caída del cabello dentro de las instalaciones.
- **Protección de Manos:** Dado que constantemente se manipulan sustancias químicas dentro del laboratorio, es necesaria la protección en las manos, sin embargo, el material de los guantes depende del tipo de reactivo que se esté manipulando, en general se usan guantes de nitrilo.

⁹⁰ Occupational Safety & Health Administration. Normas de seguridad y salud ocupacional. OSHA 1910. [09 de noviembre de 2012]. Disponible en: <http://www.osha.gov/SLTC/personalprotectiveequipment/index.html>

- **Protección corporal:** Las batas de laboratorios son utilizadas como protección corporal, como precaución frente a derrames, salpicaduras y demás evitan daños en la ropa y partes del cuerpo.
- **Extintores:** Para determinar el número de extintores que deben existir dentro del laboratorio es necesario revisar la norma NFPA 10, donde indica que para la selección de los extintores y su ubicación se ha de determinar el tipo de fuego que pueda ocurrir con mayor frecuencia, tamaño de fuego que se pueda desarrollar, peligros en el área que se puedan presentar, equipos eléctricos energizados en áreas cercanas a fuego, condiciones ambientales de temperatura, entre otros factores.⁹¹

Los incendios se producen por múltiples causas y materiales, su origen depende de la clasificación de los incendios:

- Clase A: Provocados por materiales comunes como madera, papel, tela, plástico.
- Clase B: Por líquidos o gases inflamables, combustibles, aceites, disolventes, etc.
- Clase C: Incendios que se producen por equipos eléctricos energizados. Clase D: Incendios de metales combustibles como Mg, Ti, circonio, Na, Li y K.
- Clase K: Incendios producidos por electrodomésticos que involucran combustibles para cocinar (aceites y grasas).

Adicional a la determinación de la clase de incendio que se puede producir se estipula el riesgo que éste puede generar, para ello a continuación se presenta la clasificación de riesgos en la instalación:

- Riesgo Leve (bajo): Baja cantidad de combustibles Clase A inflamables (inferior a 3,9 L por cuarto) con poca tasa de liberación de calor.
- Riesgos ordinarios (moderados): Las sustancias combustibles de Clase A e inflamables de clase B se encuentra en un volumen que oscila de 3,9 L a 18,9 L, se esperan tasas moderadas de calor.
- Riesgos extra (Altos): Donde existen altas cantidades de inflamables Clase B, se presenta en lugares de almacenamiento, empaque o manejo de material combustible clase A o inflamable clase B cuya cantidad supera a los 18,9 L.

⁹¹ National Fire Protection Association. Norma para extintores portátiles contra incendios. NFPA 10. La asociación, 2007. P: 20

Tabla 10. Equipos de protección personal para utilizar en el laboratorio.

	NORMA	CARACTERISTICAS
LENTES	NTC 1771	Protección de ceja con ventilación vertical. Material antiempañable. Vidrio transparente. Uso básico lentes de alto impacto.
GOGGLES		Protección con ventilación. Utilizado con mascara de media cara para procedimientos de alto riesgo.
RESPIRADORES	NTC1584	De libre mantenimiento. Medio filtrante que retiene el 95% de partículas suspendidas en el aire. Contiene carbón activado.
MASCARA DE MEDIA CARA		Reutilizables. Con filtro que purifica el aire. De fácil limpieza. De uso general.
GUANTES DE NITRILO	NTC 1836	Resistencia a los productos químicos (aromáticos, solventes, bases, ácidos y grasas). No se deforman ni degradan. De uso general.
GUANTES DE NEOPRENO		Utilizado para la inmersión. Son más largos, protegen el antebrazo. Mayor agarre a superficies húmedas o mojadas. Usado para limpieza con acetona.
GUANTES DE PVA		Casi inertes a los solventes fuertes (Metil etil cetona, aromáticos, alifáticos, clorados). No se usa en agua o soluciones a base de agua. Usado para manipulación de solventes orgánicos fuertes.
COFIA	NTC1523	Desechable. Fabricada en polipropileno.
BATA DE LABORATORIO	NTC2021	Fabricado en polietileno. Repelente a líquidos.

Fuente: elaboración propia.

En el anexo K se muestran las distancias máximas en las que debe ser ubicado un extintor dependiendo de la clase y el riesgo que presente en el lugar. Los extintores deben ser ubicados a una altura máxima de 1,53 m (desde la parte superior del extintor hasta el suelo) si tiene un peso inferior a 18 kg, si es superior este debe ser ubicado a una altura no mayor a 1 m.

En el laboratorio están distribuidos los equipos, y para esto, es necesario prevenir la propagación de fuego producido por los mismos y por esto se utilizan extintores Solkaflan, estos son utilizados especialmente en laboratorios, centros de cómputo y lugares que contienen gran presencia de equipos eléctricos y electrónicos, la norma recomienda poner un extintor por equipo, sin embargo, para este caso se utilizarán tres extintores ubicados en cada una de las esquinas del laboratorio.

Según la NTC 2885 los extintores deben estar señalizados, identificados con el color y la letra según el tipo de extintor, en la parte superior de donde se ubica el extintor deberá existir un letrero con instrucciones claras para el funcionamiento del sistema, el área debe estar libre de obstáculos, en el piso debe haber una señalización de color amarilla de diámetro 0,5 m que indique la presencia del extintor en el lugar, además se deben realizar las revisiones y controles según las indicaciones del proveedor.⁹²

- **Ventilación:** Dentro de las variables más importantes que se deben controlar dentro de un laboratorio son la temperatura y el flujo de aire dado que es necesario desarrollar algunos procesos a temperaturas ambientales específicas, así mismo se debe garantizar la limpieza del aire que evite la presencia de polvos y agentes externos que alteren las condiciones de las muestras. Para la implementación de un sistema de ventilación es necesario considerar aspectos como:⁹³
 - Focos de calor, que deben ser adecuadamente disipados por el sistema de ventilación, estos focos son producidos por equipos como muflas, autoclaves, baños de calentamiento y otros procesos que operen a altas temperaturas.
 - Sistemas de extracción ubicados en el laboratorio, puesto que la función de éstos es extraer del laboratorio una gran cantidad de aire, por lo que éste deberá ser reemplazado.
 - Contaminación química, donde se debe evitar el ingreso de agentes contaminantes presentes en el aire, para ello es necesario la presencia de filtros que aumenten la calidad del aire dentro del laboratorio.

⁹² ORTEGA, Angie, ROJAS, Diana. Evaluación técnico-financiera para la implementación de un laboratorio de alta tecnología para alimentos en Colombia. 2013. p 99.

⁹³ Ministerio de trabajo y asuntos sociales España. La ventilación general del laboratorio. NTP 373. El ministerio. [11 de noviembre de 2012]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_37_3.pdf

- Zonas específicas o áreas especializadas que requieren de estrictas condiciones ambientales.
- **Iluminación:** Según la Resolución 180540 de marzo de 2010, para los laboratorios el valor mínimo, medio y máximo de luminancia es 300 lx, 500 lx y 750 lx respectivamente, sin embargo, las condiciones de iluminación, especialmente para el área de microbiología dependen de las condiciones especificadas en los métodos que se desarrollen. Sin embargo, es necesario garantizar que todos los puestos de trabajo tengan adecuada iluminación.

3.4 PERSONAL REQUERIDO

Para la implementación de dicho laboratorio es necesario realizar un estudio para establecer el personal requerido que cumplan con los perfiles adecuados para la manipulación del mismo. A continuación, se realiza la descripción de las funciones y requerimientos que estos deben cumplir:

3.4.1 Jefe de laboratorio.

DENOMINACIÓN DEL CARGO: Jefe de laboratorio

OBJETIVO: Garantizar la calidad y entrega de resultados de cada análisis a realizar.

PERFIL: Ingeniero(a) Químico(a) con estudios de posgrado. Conocimiento en BPL (Buenas prácticas de Laboratorio) e ISO 17025, técnicas de validación, metrología y estadística básica, experiencia en análisis instrumental, preferiblemente en TGA y reometría, viscosidad, fisicoquímica, polímeros.

FUNCIONES:

- Participar de la recepción técnica del equipo.
- Apoyar los procesos de compras del laboratorio.
- Liderar los procesos de desarrollo, estandarización y validación de las técnicas analíticas según directrices.
- Desarrollar actividades de calificación, validación y calibración de los equipos que se lleven a cabo como se estipula en los protocolos y procedimientos.
- Liderar y coordinar los procesos de documentación técnica en el laboratorio.
- Asegurar que todos los miembros del laboratorio tengan la competencia necesaria para las funciones requeridas y sus calificaciones de acuerdo a sus responsabilidades.
- Supervisar las actividades técnicas del personal de apoyo.
- Responder por el cuidado e integridad de los equipos, materiales y reactivos del laboratorio.

- Propender por el buen funcionamiento técnico y administrativo del laboratorio.
- Realizar informes de laboratorio y verificar cuando sea del caso.

REQUISITOS MÍNIMOS:

CARRERA DE EGRESO: Química, Ingeniería química. Con estudios de posgrado.

EXPERIENCIA PROFESIONAL: Mayor a 3 años.

HABILIDADES: Trabajo en equipo, orientación de resultados, aprendizaje continuo e iniciativa.

3.4.2 Auxiliar.

DENOMINACIÓN DEL CARGO: Auxiliar de laboratorio.

OBJETIVO: Realizar tomas de muestras requeridas y participar en procesos de análisis e interpretación de datos.

FUNCIONES:

- Realizar las pruebas físico químicas e instrumentales bajo las normas aplicables.
- Reportar los resultados de los ensayos al jefe directo
- Ingresar a la base de datos los resultados de las pruebas
- Preparar los materiales, reactivos e instrumentación para las pruebas
- Recepcionar las muestras para los ensayos cumpliendo los protocolos definidos
- Apoyar todas las actividades de gestión y aseguramiento de calidad del laboratorio como: incertidumbre de las medidas, calibración, mantenimiento, cartas de control, repetibilidad de los ensayos, registro de información
- Realizar toma de muestras de aceite dieléctrico en campo
- Presentar informes técnicos sobre la ejecución de ensayos y actividades relacionadas

REQUISITOS MÍNIMOS.

CARRERA DE EGRESO: Tecnólogo o técnico químico, estudiante de Ingeniería química de séptimo semestre.

EXPERIENCIA PROFESIONAL: Mayor a 1 año.

HABILIDADES: Trabajo en equipo. Orientación de resultados. Aprendizaje continuo. Iniciativa. Liderazgo.

3.4.3 Apoyo instrumental

DENOMINACIÓN DEL CARGO: Auxiliar instrumental de laboratorio.

OBJETIVO: Participar en procesos de análisis e interpretación de datos y tener el material listo antes de cada análisis.

FUNCIONES:

- Preparar los instrumentos necesarios antes de que sea realizada la práctica.
- Supervisar al auxiliar de laboratorio y estar pendiente de que pueda necesitar el mismo o el jefe de laboratorio.
- Cuando se termine el análisis, debe ordenar y limpiar todos los instrumentos utilizados.
- Mantener aseado el laboratorio y con todo en su respectivo lugar.

REQUISITOS MÍNIMOS:

CARRERA DE EGRESO: Tecnólogo o técnico químico, estudiante de Ingeniería química de séptimo semestre.

EXPERIENCIA PROFESIONAL: Mayor a 1 año.

HABILIDADES: Trabajo en equipo. Orientación de resultados. Aprendizaje continuo. Iniciativa. Liderazgo.

3.4.4 Vidriería y tiempo de instalación. Según los análisis que se van a tener en cuenta y la metodología estudiada se establece una lista de material de laboratorio, referente a vidriería para los procedimientos a realizar, incluyendo equipos de uso convencional; en el anexo L se muestran los elementos requeridos y su respectivo costo para tener en cuenta en el capítulo 4 el cual analiza los costos del proyecto.

Para determinar el tiempo de instalación, se toma como punto inicial el tiempo estimado en el que se adquieren los equipos, especialmente los de alta gama debido a que estos son los que requieren mayor tiempo en su exportación e instalación. En las tablas 6 y 8 se encuentra el ítem plazo de entrega en el que se especifica el tiempo que demora la marca en traer el equipo hasta las instalaciones del laboratorio, además se especificó cuánto tarda en general los equipos de uso convencional y de alta gama como se demuestra a continuación:

- Equipos de uso convencional: 3 semanas aproximadamente de entrega e instalación y de capacitación un día.
- Equipos de alta gama: 10 semanas aproximadamente de entrega e instalación y de capacitación una semana.
- Infraestructura: Para la construcción, distribución, separaciones e infraestructura interna en general deben ser tenidas en cuenta alrededor de 8 semanas.

Con lo anterior se especifica un tiempo aproximado de instalación de 3 meses los cuales se expresan mediante la entrega e instalación de los equipos de alta gama ya que estos son los más demorados y se da un plazo de espera de aproximadamente 2 semanas en caso de que se llegue a presentar cualquier tipo de imprevisto y los cuales son en total correspondiente a la realización de procedimientos en paralelo, teniendo aprobadas las órdenes de compra y contratos firmados del personal para la implementación del laboratorio.

4 EVALUACIÓN FINANCIERA

En el análisis financiero se estimará la viabilidad de invertir en un proyecto para la implementación de un laboratorio de reología por medio de cálculos de algunos indicadores financieros como la tasa interna de retorno (TIR), la tasa interna de oportunidad (TIO), el valor presente neto (VPN), entre otros.

Para iniciar con dicho análisis se realizará una clasificación de los factores financieros que tendrá todo el proyecto, los cuales son: las inversiones, los costos y los gastos. Debido a las estimaciones de la cantidad de análisis que se realizan en el instituto, se determina una cantidad de aproximadamente 120 pruebas al mes, esto con el fin de determinar un balance general mensual que de un resultado sobre la utilidad mensual que se esperaría para determinar los indicadores financieros.

Inversiones. La inversión inicial corresponde a las erogaciones que se tendrán que realizar para adquirir todos los bienes y servicios que el laboratorio necesita para su implementación. Estas se dividen en inversión fija (Activos fijos y diferidos) y la inversión en capital de trabajo que es el capital adicional (distinto a inversión fija y diferidos) con la que hay que contar para que el laboratorio empiece a funcionar como compra de materia prima, pagar mano de obra directa, otorgar créditos en las primeras ventas, contar con cierta cantidad de efectivo para sufragar los gastos diarios de la empresa.

- **Activos fijos.** Se constituye por los diversos bienes que sirven para alojar la unidad productiva y que permita la realización del proceso productivo. Se encuentran los activos tangibles que son los bienes físicos de propiedad del laboratorio como: maquinaria y equipos, muebles y enseres, instalaciones y construcciones. Los activos intangibles que son bienes no físicos y derechos del laboratorio necesarios para su funcionamiento tales como: patentes, derechos comerciales e industriales, asistencia técnica, capacitaciones. La unión de activos fijos e intangibles se denomina inversión fija.
- **Inversión fija.** Para determinar las necesidades de inversión en activos fijos del laboratorio, se debe consultar los requerimientos en espacios y obras físicas, el costo del espacio incluyendo los trámites legales de compras y de construcción. Para esto se hicieron diferentes cotizaciones que se puede apreciar en el anexo M y se eligió la puerta⁹⁴, la mesa para las divisiones modulares⁹⁵ y la pintura⁹⁶ más apropiada para el proyecto. En la tabla 11 se puede apreciar la inversión en obras físicas:

⁹⁴ TANE HERMETIC. Puerta abatible de laboratorio hermética. {En línea}. <http://www.medicalexpo.es/prod/tane-hermetic/product-78249-537571.html>

⁹⁵ NORLAB S.A.S. Mobiliario para laboratorio. {En línea}. <https://www.norlabdesign.com/mobiliario/>

⁹⁶ Pintulor. Precio caneca de pintura. {En línea} <https://www.pintulor.com>

Tabla 11. Inversión en obras físicas.

Detalle de inversión	Cantidad	Marca	Material	Costo unitario	Costo total
Puerta	2	TANÉ HERMETIC	Aluminio	\$ 803.050	\$ 1.606.100
División modular central	1	Dupon	Aluminio	\$ 7.772.340	\$ 7.772.340
División modular lateral	2	Dupon	Aluminio	\$ 9.067.730	\$ 18.135.460
Pintura	3	Pintulor	-	\$ 97.000	\$ 291.000
Mano de obra (días)	3	-	-	\$ 45.000	\$ 135.000
Total					\$ 27.939.900

Fuente: elaboración propia.

En las siguientes tablas se puede observar la inversión en todas las erogaciones que se causen por adquisición como en maquinaria, equipos, muebles y enseres. Se realizó una serie de cotizaciones donde estos ya cuentan con un valor total, incluyendo impuestos, transporte e instalaciones. Los instrumentos de alta gama y convencionales se pueden apreciar en las tablas 4 y 6 respectivamente, para los demás aspectos a tener en cuenta se realizó una cotización con varios proveedores que se encuentra en el anexo N y se eligió el computador de mesa⁹⁷, el computador portátil⁹⁸ y la impresora⁹⁹ más apropiada para el proyecto.

Tabla 12. Inversión en maquinaria y equipos de producción.

Detalle de inversión	Marca	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Instrumentos de alta gama	-	-	-	\$ 675.085.045
Instrumentos convencionales	-	-	-	\$ 30.784.599
Computador de mesa	Lenovo	1	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Computador portátil	Lenovo	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
Software	-	3	\$ 300.000	\$ 900.000
Impresora	HP	1	\$ 450.000	\$ 450.000
Vidriería	-	-	-	\$ 2.221.050
Total				\$ 712.840.694

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Inversión en muebles, enseres y equipos de administración.

Detalle de inversión	Marca	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Escritorio	Asenti	1	\$ 379.900	\$ 379.900
Sillas de oficina	Home Collection	3	\$ 199.900	\$ 599.700
Sillas operarias	Home Collection	3	\$ 249.900	\$ 749.700
Archivadores (3 cajones)	Industrias cruz	3	\$ 306.900	\$ 920.700
Extintor	Redline	3	\$ 79.900	\$ 239.700

⁹⁷ Alkosto. Computador de mesa. {En línea}. https://www.alkosto.com/pc-all-in-one-lenovo-520-intel-core-i3-21-5-pulgadas-disco-duro-1tb-plata-ii?qclid=EAlalQobChMlob7jiurq4wIVDSsMCh0WhwR1EAQYASABEgKZCPD_BwE

⁹⁸ Alkosto. Computador portátil. {En línea}. <https://www.alkosto.com/portatil-lenovo-s340-amd-ryzen-5-14-pulgadas-disco-duro-1tb-128gb-ssd-gris>

⁹⁹ Alkosto. Impresora {En línea}. <https://www.alkosto.com/impresora-hp-ink-tank-115-negra>

Tabla 13. (Continuación)

Detalle de inversión	Marca	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Depósito de residuos	Estra	3	\$ 59.900	\$ 179.700
Señalizaciones	Fixser	5	\$ 13.900	\$ 69.500
Total				\$ 3.138.900

Fuente: elaboración propia.

De igual forma se eligió un escritorio¹⁰⁰, Sillas de oficina¹⁰¹, sillas operarias¹⁰², archivadores¹⁰³, extintor¹⁰⁴, depósito de residuos¹⁰⁵ y señalizaciones.

- **Inversión en activos diferidos e intangibles.** Se clasifican en dos grupos, los referidos a patentes y gastos pre operativos. Las patentes son el pago de derechos que se deben efectuar para el empleo de procesos productivos como fórmulas, conocimientos técnicos o normatividades que tienen reserva de derechos por parte de sus inventores; por otra parte, los gastos pre operativos son desembolsos realizados antes de la legalización y puesta en marcha del laboratorio. En estos gastos se realizan una serie de egresos como: estudios de prefactibilidad, estudios de factibilidad, gastos de organización, licencias y gastos para el montaje y puesta en marcha.

Los **gastos de prefactibilidad** son aquellos que se han causado para definir la idea del proyecto y demostrar la conveniencia de efectuar estudios más profundos. Los **gastos de factibilidad** son aquellos en los cuales se ha incurrido para realizar los estudios de mercado, técnico, financiero y evaluación del proyecto. Los **gastos de organización** están constituidos por los desembolsos que se originan por la dirección y coordinación de las obras de adecuación e instalación. En cuanto al dato de las asesorías legales, este depende del tipo de asesoría que sea necesaria y ya que en este caso es solo para tener todos los documentos en orden se toma el valor más bajo de asesorías jurídicas encontradas para este año.¹⁰⁶ Así mismo, para obtener los datos de cámara de comercio se ingresó a la página web de la misma y se observaron las tarifas vigentes para este año.¹⁰⁷ Y por último para los gastos notariales se tomó un valor no especificado ya que este solo se utilizara en caso de que sea necesario acudir a una notaría por algún papel que sea solicitado. Esta información se puede observar en la tabla 14.

¹⁰⁰ Homecenter. Escritorio. {En línea} <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/search/?Ntt=escritorio%20asenti>

¹⁰¹ Homecenter. Sillas de oficina. {En línea}. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/291992/Silla-Escritorio-con-Brazos-Cromada-Blanca/291992>

¹⁰² Homecenter. Sillas operarias. {En línea}. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/294820/Silla-Escritorio-Malla-Paris-con-Brazos-Negra/294820>

¹⁰³ Homecenter. Archivador. {En línea}. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/296049/Archivador-69x37x50cm-Negro/296049>

¹⁰⁴ Homecenter. Extintor. {En línea}. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/165536/Extintor-Multiproposito-20lb-ABC/165536>

¹⁰⁵ Homecenter. Depósito de residuos. {En línea}. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/107981/Caneca-Vaiven-Clasica-Residuos-Peligrosos-53-Lt/107981>

¹⁰⁶ Arteaga Natalia. ¿Cuánto le podría costar la asesoría jurídica a su negocio? Marzo 2016. {En línea}: www.asuntoslegales.com.co/actualidad/cuanto-le-podria-costar-la-asesoria-juridica-a-su-negocio-2103830

¹⁰⁷ Cámara de comercio de Bogotá. Tarifas 2019.

Tabla 14. Inversión en activos intangibles.

Detalles de inversión	Costo
Estudio de prefactibilidad	\$ 400.000
Estudio de factibilidad	\$ 500.000
Asesorías legales	\$ 600.000
Cámara de comercio	\$ 770.000
Gastos notariales	\$ 50.000
Gastos de organización	\$ 300.000
Imprevistos	\$ 2.500.000
Total	\$ 5.120.000

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se realizó un resumen de las tablas anteriores como lo es el caso de la maquinaria y equipo la cual esta especificada en la tabla 12, la de muebles y enseres en la tabla 13, en cuanto a la adecuación en obras físicas se encuentra en la tabla 11 y los gastos pre operativos se encuentran en la tabla 14. Lo que se desea reflejar mediante esta tabla es la totalidad de la inversión que estaría realizando el INM.

Tabla 15. Programa de inversión fija del laboratorio.

Concepto	Costo
Activos fijos tangibles	
Maquinaria y equipo	\$ 712.840.694
Muebles y enseres	\$ 3.138.900
Subtotal	\$ 715.979.594
Activos diferidos	
Adecuaciones obras físicas	\$ 27.939.900
Gastos preoperativos	\$ 5.120.000
Subtotal	\$ 33.059.900
Total inversión fija	\$ 749.039.494

Fuente: elaboración propia.

Costos.

- **Costos de producción.** Son los costos que se incurren en el proceso productivo. Se clasifican en costos directos e indirectos de fabricación. Los costos directos se constituyen por los valores de los materiales directos, mano de obra directa (incluyendo el valor de las prestaciones sociales) y la depreciación de las maquinarias y equipos empleados en los análisis y calibraciones que se realizan en el laboratorio. Los gastos indirectos son los que

constituyen los valores de materiales indirectos (repuestos, materiales de aseo, combustibles), mano de obra indirecta (personal de mantenimiento, de limpieza), es decir, todos aquellos que incluyen los insumos indirectos.

- **Costo mano de obra.** Es necesario tener en cuenta la mano de obra directa e indirecta en el laboratorio y se determina el monto anual de la remuneración. Para conocer los salarios que deben ganar cada una de las personas que trabajaran en el laboratorio fue necesario buscar en páginas web los salarios promedios para un jefe de laboratorio¹⁰⁸, un auxiliar de laboratorio¹⁰⁹ y como también es necesario contar con una persona de apoyo instrumental esta contara con el salario mínimo legal mensual vigente (SMMLV) para este año. Es posible observar esta información en la tabla 16.

Tabla 16. Costo mano de obra.

Cargo	Remuneración mensual	Remuneración anual	Prestaciones sociales (53,875)	Primer año
Jefe de laboratorio	\$ 1.266.410	\$ 15.196.920	\$ 8.187.341	\$ 23.384.261
Auxiliar de laboratorio	\$ 847.937	\$ 10.175.244	\$ 5.481.913	\$ 15.657.157
Auxiliar instrumental	\$ 828.116	\$ 9.937.392	\$ 5.353.770	\$ 15.291.162
Total				\$ 54.332.579

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el porcentaje de las prestaciones sociales se incluyeron los conceptos principales de cesantías, prima de servicios, vacaciones, intereses de cesantías, porcentaje de riesgo, entre otras. No se tuvieron en cuenta tipos de remuneraciones como comisiones, bonificaciones habituales, entre otros, estos fueron trabajados a voluntad del instituto y solo ellos podrán determinar dichos valores. Estos son mencionados en la tabla 17.

Tabla 17. Porcentajes utilizados para prestaciones sociales y aportes.

%	Ítem
9	idbf, SENA y caja
8,333	Cesantías
8,333	Primas
4,17	Vacaciones
8,5	Salud
12	Pensiones
1,045	Riesgos
0,5	Dotación

¹⁰⁸ Indeed. Media salarial para un jefe de laboratorio en Colombia. {en línea}: <https://co.indeed.com/salaries/analista-de-laboratorio-salaries>

¹⁰⁹ Indeed. Media salarial para un auxiliar de laboratorio en Colombia. {en línea}: <https://co.indeed.com/salaries/auxiliar/a-de-laboratorio-salaries>

Tabla 17. (Continuación)

%	Ítem
1	Transporte
1	Intereses cesantías
53,875	TOTAL

Fuente: elaboración propia.

- **Costo de materiales.** Se tienen en cuenta los materiales directos e indirectos que son requeridos para la realización de los análisis y las calibraciones en el laboratorio. Los costos directos son las sustancias que se tienen en cuenta para realizar la limpieza a los diferentes equipos de alta gama principalmente los convencionales que no requieren de un aseo estricto. Los costos de materiales indirectos son los que se utilizan en oficina. En el anexo O se puede observar las cotizaciones de los diferentes materiales con varios proveedores y se eligieron los más apropiados como el solvente¹¹⁰, agua destilada¹¹¹, acetona¹¹² y alcohol¹¹³ que se pueden observar a continuación:

Tabla 18. Costo de materiales. (Primer año de operación).

Material	Unidad de medida	Cantidad mensual	Costo unitario	Total primer año
Materiales directos				
Solvente (Bencina)	Litro	2	\$ 50.000	\$ 1.200.000
Agua destilada	Litro	10	\$ 131.000	\$ 15.720.000
Acetona	Litro	2	\$ 70.000	\$ 1.680.000
Alcohol	Litro	4	\$ 78.900	\$ 3.787.200
Subtotal				\$ 22.387.200
Materiales indirectos				
Papel	Resma	3	\$ 12.900	\$ 38.700
Lapiceros	Caja	2	\$ 10.600	\$ 21.200
Lápiz	Caja	2	\$ 9.900	\$ 19.800
Borrador	Caja	1	\$ 6.300	\$ 6.300
Tajalápiz eléctrico	unidad	1	\$ 98.900	\$ 98.900
Cosedora	Unidad	1	\$ 299.900	\$ 299.900
Subtotal				\$ 484.800
Total				\$ 22.872.000

Fuente: elaboración propia.

¹¹⁰ Elementos químicos Ltda. Bencina de petróleo 40°C – 60°C. {En línea}. <http://www.elementosquimicos.com.co/bencina-de-petroleo-40-60-c.html>

¹¹¹ Elementos químicos Ltda. Agua destilada. {En línea} <http://www.elementosquimicos.com.co/agua-destilada-12422.html>

¹¹² Elementos químicos Ltda. Acetona. {En línea}. <http://www.elementosquimicos.com.co/acetona-99-5.html>

¹¹³ Elementos químicos Ltda. Alcohol etílico absoluto. {En línea} <http://www.elementosquimicos.com.co/alcohol-etilico-absoluto-99-5.html>

También se eligió lo más apropiado para trabajo de oficina y laboratorio como papel¹¹⁴, lapiceros¹¹⁵, lápiz¹¹⁶, borrador¹¹⁷, tajalápiz eléctrico¹¹⁸ y cosedora¹¹⁹.

- **Costo de servicios.** En el laboratorio, los servicios que se requieren principalmente son los de energía eléctrica (que tiene un consumo de 483.54 pesos/kWh), acueducto (que se toma bimensual), alcantarillado, aseo y otros que pueden afectar el área de prestación del servicio. Para totalizar su costo, es necesario establecer el consumo que realiza mensualmente y esto se puede observar en la tabla 19. Es necesario considerar la ubicación del laboratorio para conocer el costo del arriendo del espacio conforme en el área seleccionada y ya que el laboratorio estará ubicado en la zona industrial de Fontibón se observaron algunos espacios con áreas similares para llegar al precio mencionado en la tabla. También se debe tener en cuenta que dicha ubicación se encuentra en el estrato 4 el cual tiene mucho que ver ya que por medio de este se puede conocer el valor promedio de cada uno de los servicios que serán necesarios en el laboratorio.

Tabla 19. Costo de servicios. (Primer año de operación).

Servicio	Medida	Cantidad	Costo Mensual	Total año 1
Arrendamiento	Mensual	12	\$ 5.500.000	\$ 66.000.000
Energía eléctrica	kw-hora	116	\$ 56.100	\$ 673.200
Acueducto	m ³ /bimestre	24	\$ 143.600	\$ 861.600
Telefonía fija e internet	Cargo fijo	12	\$ 90.000	\$ 1.080.000
Mantenimiento de los equipos	Bimensual	24	\$ 100.000	\$ 2.400.000
Aseo	Cargo fijo	12	\$ 37.400	\$ 448.800
Total				\$ 71.463.600

Fuente: elaboración propia.

Gastos.

- **Gastos de administración.** Son los que se relacionan con las operaciones generales del laboratorio. Estos gastos corresponden con las remuneraciones del personal directivo y/o ejecutivo administrativo correspondiente a la parte dirección, administrativa y contable. Al igual que con el personal que trabajara dentro del laboratorio se llevó a cabo una búsqueda en páginas web para

¹¹⁴ Alkosto. Resma de papel REPROGRAF. {En línea}. <https://www.alkosto.com/resma-de-papel-reprograf-carta-75g>

¹¹⁵ Panamericana. Caja de bolígrafos. {En línea}. <https://www.panamericana.com.co/boligrafo-negro-bic-paga-12-y-lleva-15-175459/p>

¹¹⁶ Panamericana. Caja de lápices. {En línea}. <https://www.panamericana.com.co/lapiz-negro-no-2-triangular-x-12-unidades-3/p>

¹¹⁷ Panamericana. Borrador Pelikan x10. {En línea}. <https://www.panamericana.com.co/borrador-de-nata-pz-20-pelikan-x-10-uds-279/p>

¹¹⁸ Panamericana. Tajalápiz eléctrico. {En línea}. <https://www.panamericana.com.co/tajalapiz-electrico/p>

¹¹⁹ Homecenter. Cosedora eléctrica. {En línea}. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/342678/Cosedora-Elctrica-para-25-Hojas-Referencia-5990/342678>

conocer el salario promedio de cada una de estas personas, como son: el gerente general¹²⁰, la secretaria¹²¹, el contador¹²² y para el caso de la persona que se encargara de los oficios varios se le otorgará el salario mínimo legal mensual vigente (SMMLV) para este año. El servicio de papelería y servicios públicos ya están incluidos en los costos del laboratorio. Estos gastos se pueden observar en la tabla 20.

Tabla 20. Remuneración al personal administrativo.

Cargo	Remuneración mensual	Remuneración anual	Prestaciones sociales	Total año 1
Gerente general	\$ 2.898.797	\$ 34.785.564	\$ 18.740.723	\$ 53.526.287
Secretaria	\$ 843.631	\$ 10.123.572	\$ 5.454.074	\$ 15.577.646
Contador	\$ 1.979.172	\$ 23.750.064	\$ 12.795.347	\$ 36.545.411
Oficios varios	\$ 828.116	\$ 9.937.392	\$ 5.353.770	\$ 15.291.162
Total				\$ 120.940.506

Fuente: elaboración propia.

- **Gastos de ventas.** Estos son causados por todas las actividades que se realizan para dar a conocer los servicios que tiene el laboratorio en cuanto el análisis y la calibración de equipos. En estos gastos sólo se incluirán gastos de publicidad y de transporte ya que las calibraciones de los equipos pueden realizarse como un servicio a domicilio. Para los gastos de publicidad se tuvieron en cuenta anuncios que se realizaran en radios locales las cuales tienen un costo de 350.000 mensuales y además anuncios en televisión nacional los cuales tienen un costo de 700.000 mensuales.¹²³

Tabla 21. Gastos de venta. (Primer año de operación).

Servicio	Medida	Cantidad	Costo unitario	Total año 1
Publicidad	Mes	12	\$ 1.050.000	\$ 12.600.000
Transporte	Mes	12	\$ 100.000	\$ 1.200.000
Total				\$ 13.800.000

Fuente: elaboración propia.

Balance general anual. Según el balance general mostrado en la tabla 22 los servicios del laboratorio generan ingresos que son el argumento necesario para realizar los indicadores financieros. Debido a la poca información que se tiene sobre los costos de los análisis de un laboratorio de reología, se estableció que las ventas se pueden determinar cumpliendo el artículo 70 del Estatuto al Consumidor (Tasas

¹²⁰ Indeed. Media salarial para un gerente en Colombia. {en línea}: <https://co.indeed.com/salaries/gerente-comercial-salaries>

¹²¹ Indeed. Media salarial para una secretaria en Colombia. {en línea}: <https://co.indeed.com/salaries/secretario/a-salaries>

¹²² Computrabajo. Salario para un contador público en Colombia. {en línea}: <https://www.computrabajo.com.co/salarios/contadora-publico>

¹²³ Imprimible tarifas 2019. {en línea}: <https://www.ellocutorio.com/wp-content/uploads/2019/02/ACL-TARIFARIO-2019-VERSION-IMPRESA.pdf>

en materia metrológica) donde informa que la Súper Intendencia de Industria y Comercio o la entidad del orden nacional que haga sus veces, fijara las tasas para los servicios de metrología que preste, incluidas las calibraciones, las verificaciones iniciales y subsiguientes, los programas de capacitación y los servicios de asistencia técnica.

El literal “b” de este artículo informa que el costo está representado por los materiales, insumos, suministros, personal misional y los gastos que inciden directamente con el desarrollo de estos procesos; este tiene cinco numerales donde el quinto habla sobre el Valor de Comparación Internacional (VCI) que será el valor del servicio en el exterior calculado para los servicios prestados, en este caso, por un laboratorio de reología. El Costo Básico (CB) será corregido según el valor de comparación internacional definido anteriormente, de tal forma que no supere ni sea inferior al 10% al VCI valorado en pesos colombianos.

Se realizó una cotización de los procesos que realizan en el laboratorio de reología de CIMAV ubicado en México y la única información obtenida es que los análisis de viscosidad varían entre 2150 y 2550 pesos Mexicanos (\$344.313 y \$408.371 COP) y los de reología entre 2150 y 3000 pesos Mexicanos (\$344.313 y \$480.436 COP) por lo que para este proyecto se decidió dejar un costo promedio para todos los análisis de \$412.375 COP. $((344.313 + 480.436)/2 = 412.375)$.

Los análisis reológicos tienden a durar un máximo de 2 horas por lo que se puede definir que se realizarán hasta 4 análisis diarios trabajando de lunes a sábado cumpliendo con las horas laborales legales vigentes establecidas por el gobierno nacional. Esto es una aproximación para que el INM tenga en cuenta lo que debe hacer si quiere que el proyecto sea viable financieramente y el retorno de la inversión sea óptimo. En la tabla 22 se puede apreciar un promedio de ventas anuales cumpliendo con los estándares mencionados anteriormente y se realiza un balance general con todos los posibles costos y gastos que se tendrían.

Tabla 22. Balance general anual.

Ventas	\$ 514.644.000
Mano de obra	-54332579
Materiales	-22872000
Servicios	-71463600
Personal administrativo	-120940505,9
Gastos de venta	-13800000
Utilidad final	\$ 231.235.315

Fuente: elaboración propia.

Analizando el balance, se observa que la utilidad final es positiva y tiene un alto porcentaje de las ventas realizadas $((231.235.315 * 100\%)/514.644.000 = 44.93\%)$ lo cual afirma la necesidad de realizar el cálculo de los indicadores financieros como

parámetros para analizar la inversión en el proyecto de servicio del laboratorio de reología; determinar si los costos, mano de obra y gastos son aceptables para la utilidad esperada.

Indicadores financieros. Dado al resultado positivo de la utilidad final, este proyecto se apoyará con indicadores financieros como el cálculo de la Tasa Interna de Retorno, el Valor Presente Neto, el punto de equilibrio y la relación beneficio/costo. Estos cálculos se realizaron directamente por las funciones matemáticas de Excel donde se tienen en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$VPN = -So + \sum [St/(1+i)^t]$$

Donde So es la inversión inicial, St es el flujo efectivo neto del periodo t, i es la tasa interna de oportunidad.

TIR se calcula iterando el VPN cambiando la tasa porcentual (i) de tal forma que el resultado sea igual a cero (VPN = 0)

La relación beneficio costo (B/C) se obtiene dividiendo el Valor Actual de Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) del proyecto. (B/C = VAI / VAC)

En la tabla 23 se observan las ventas anuales y su correspondiente utilidad final (Ingresos – Egresos) teniendo en cuenta que se considera un incremento del DTF en el valor de las ventas y para los costos del laboratorio se asume un incremento de la inflación esperada anualmente por un tiempo de 10 años.

Tabla 23. Utilidades anuales.

Periodo (año)	Ingresos	Egresos	Utilidad
Inversión		-\$ 749.039.494	-\$ 749.039.494
1	\$ 514.644.000	\$ 283.408.685	\$ 231.235.315
2	\$ 537.905.909	\$ 294.745.033	\$ 243.160.876
3	\$ 562.219.256	\$ 306.534.834	\$ 255.684.422
4	\$ 587.631.566	\$ 318.796.227	\$ 268.835.339
5	\$ 614.192.513	\$ 331.548.076	\$ 282.644.437
6	\$ 641.954.015	\$ 344.809.999	\$ 297.144.015
7	\$ 670.970.336	\$ 358.602.399	\$ 312.367.937
8	\$ 701.298.195	\$ 372.946.495	\$ 328.351.700
9	\$ 732.996.874	\$ 387.864.355	\$ 345.132.518
10	\$ 766.128.332	\$ 403.378.929	\$ 362.749.403

Fuente: elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que, para este estudio, la empresa asumirá la totalidad de la inversión por lo que no sería necesario plantear la posibilidad de realizar el proyecto con financiación parcial o total. En la tabla 24 se presentan los indicadores con su correspondiente valor.

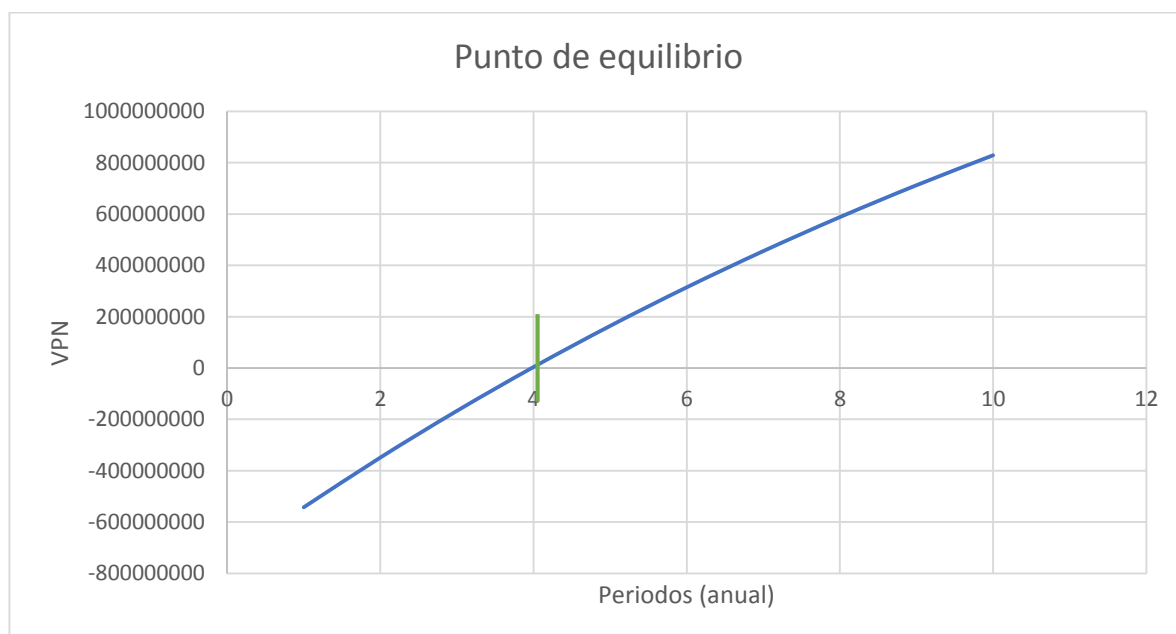
Tabla 24. Indicadores financieros.

DTF		4,52%
Inflación		4,00%
Tasa del inversionista		5,50%
Tasa esperada por empresario		6,00%
TIO		12,02%
VPN	\$	828.795.411
TIR		33,09%
Suma ingresos	\$	3.430.420.201
Suma egresos	\$	1.852.585.297
Egresos + inversión	\$	2.601.624.791
Relación B/C		1,32

Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 1 se muestra el comportamiento del VPN a lo largo de los años según lo indicado anteriormente.

Grafica 1. Punto de equilibrio.



Fuente: elaboración propia.

Análisis financiero.

Partiendo del análisis del balance realizado anteriormente, teniendo en cuenta que el INM debe realizar cuatro análisis diarios, se requirió determinar y analizar los indicadores financieros: la TIR que representa la rentabilidad real de un proyecto en el que se desea invertir, este resultó tener un valor de 33,09% efectivo anual para este proyecto, lo cual es un porcentaje elevado indicando que es alentador la

inversión si se mantiene la realización de los 4 análisis diarios y se puede asumir que la inversión en este laboratorio puede ser prometedor dadas las dimensiones de la inversión y del proyecto en general a desarrollar. Por otro lado, el valor de un proyecto varía entre un 25% a 30%, estando el de este por encima de lo esperado. Analizando en conjunto con los periodos en que se retorna la inversión, es muy alentador ya que este se espera que sea al cuarto año de haber realizado la inversión.

Realizando un análisis al VPN, este permite determinar si la inversión realizada aumenta o disminuye el valor propio de la empresa, en otras palabras, determina si se genera o no más efectivo para cubrir la inversión y para proporcionar un rendimiento del proyecto, por lo que, si el VPN es positivo, el proyecto será rentable y se generará suficiente dinero para recuperar la inversión y así mismo obtener ganancias. Para realizar el cálculo de este indicador, la tasa porcentual utilizada es la TIO y se determinó asumiendo una tasa esperada por el inversionista (INM) y por el encargado del proyecto junto con el DTF y la inflación esperada (en Colombia se espera una inflación entre 2% y 4 % por parte del gobierno nacional, por lo tanto, se elige el de mayor valor). Mediante la tabla, es posible observar que efectivamente da positiva, lo que indica que el proyecto es rentable dado a que es capaz de producir suficiente dinero para recuperar la inversión.

El punto de equilibrio es aquel momento en el que el nivel de ventas de la empresa cubre los costos y gastos de ella, es decir, el punto donde no existe ni utilidad ni pérdida. Como se puede notar en la figura 17 el punto en el que se iguala los ingresos del laboratorio a los costos totales de la prestación del servicio corresponde entre al cuarto año de operación en el cual se daría la recuperación de la inversión realizada. Este resulta ser un tiempo óptimo y se debe a que las inversiones normalmente se esperan una recuperación entre 3 a 5 años y este se da en un tiempo óptimo.

Con base en la relación beneficio/costo, para este proyecto se calcula un valor de 1,32 lo cual implica que los ingresos o la demanda esperada para el laboratorio es mayor que los egresos netos. En la gráfica 1, se puede observar que el flujo acumulado del proyecto tiene un comportamiento creciente lo cual es un buen indicio de la rentabilidad del proyecto.

5 CONCLUSIONES

- En Colombia ha ido creciendo el interés de las empresas por tener conocimiento de las propiedades reológicas de las sustancias para un buen control de calidad y cumplimiento de las normatividades y debido a la escasez de laboratorios resulta ser una gran oportunidad para la implementación del mismo. Las normatividades que se tienen en cuenta en este laboratorio son bastantes extensas debido a la manipulación de sustancias de varias industrias las cuales tienen sus propias normas, pero las más estrictas resultan ser las de los alimentos y farmacéuticos debido a que los laboratorios no solo deben seguir las exigencias de la superintendencia de Industria y Comercio sino también las del INVIMA que certifica los laboratorios para estas dos industrias. En los últimos años, el crecimiento en la demanda de los alimentos ha provocado que sea una de las industrias que podría tener mayor beneficio con la implementación de este laboratorio debido a sus necesidades de calidad de los productos.
- Varias universidades en el país poseen al menos uno de los instrumentos necesarios para realizar análisis reológicos. La implementación del laboratorio resulta ser fundamental para los servicios de calibración de estos equipos ya que es uno de los servicios fundamentales del INM. Se pueden realizar variedad de análisis en el laboratorio, pero tomando algunas que tengan en común las cuatro industrias, los estudios reológicos ayudan para mejorar la textura de las sustancias, el control de calidad de las materias primas, productos intermedios y/o productos finales, para conocer parámetros como el tiempo y temperatura de almacenamiento, para investigar las propiedades líquidas y estructurales de las sustancias, entre muchos más servicios.
- Dada la poca información que se tiene sobre los laboratorios de reología, determinar los diferentes equipos que se manejan resulta ser complicado, pero con base en los análisis investigados y en algunos laboratorios de viscosidad se determinaron los instrumentos de uso convencional y de alta gama. El área sugerida para el laboratorio es de 67.5 m² para una capacidad de en promedio 104 análisis y/o calibraciones mensuales y 3 trabajadores internos los cuales son: un jefe de laboratorio, un auxiliar de laboratorio y un apoyo instrumental. En el diseño y distribución del laboratorio, se tuvo en cuenta un ordenamiento donde pueda facilitar la realización de los diferentes análisis, estos no poseen mayor riesgo de explosiones o accidentes a excepción del horno y por eso este se ubica cerca del extintor, del lavado y lejos de las vías de evacuación. En cuanto a las distancias determinadas en el presente estudio, los pasillos y las puertas fueron determinadas de acuerdo a las distancias mínimas requeridas por la literatura para evitar el riesgo de accidente o propagación del mismo y a su vez para tener mayor aprovechamiento del espacio.

- Para que el proyecto sea viable financieramente, el INM debe realizar 4 análisis y/o calibraciones al día en horario y días laborales permitidos con un costo promedio de cuatrocientos doce mil trescientos setenta y cinco pesos colombianos (valor determinado por el costo de análisis en laboratorios internacionales). Con lo anterior, los cuatro indicadores que se estudiaron dieron una factibilidad prometedora como por ejemplo el Valor Presente Neto que tiene un valor positivo, una Tasa Interna de Retorno del 33%, un tiempo óptimo de recuperación que resulta ser de 4 años y una relación beneficio/costo mayor a 1 lo que implica que los ingresos serán mayores que los egresos.

6 RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación más detallada con base en diferentes industrias a las cuatro que ya se han estudiado en este proyecto para tener un contexto más completo o amplio de la reología.
- Detallar las investigaciones de los laboratorios de reología a nivel mundial para mejorar los criterios de selección en cuanto a equipos y análisis a desarrollar en este laboratorio.
- Se recomienda hacer un nuevo planteamiento sobre las prioridades en los equipos del laboratorio, que puede llegar a influir en una disminución notable en los costos de activos fijos referente a maquinaria y equipo.
- Se recomienda estandarizar los métodos exactos de las pruebas a realizar para hacer una estimación de insumos, vidriería y reactivos con mayor exactitud de la establecida en el presente estudio.

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, Camilo. Medición de la viscosidad por el método de Brookfield. {En línea}: <https://www.quiminet.com/articulos/medicion-de-la-viscosidad-por-el-metodo-de-brookfield-30649.htm>

ARENAS, Hermida. Evaluación del envejecimiento de la aislación de poliéteréter-cetona de cables sometidos a temperatura. Gerencia Materiales, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica. Argentina 2008. p 1-2.

ARIAS Roberto, Trazabilidad e incertidumbre en las mediciones de flujo de los hidrocarburos. Querétaro, México. Mayo 2002. p 1-4

BERMEO Adrián. Determinación de pesos moleculares de biopolímeros por medidas viscosimétricas. Universidad Técnica de Ambato. 2016. {en línea}: https://www.academia.edu/10511503/_DETERMINACION_DE_PESOS_MOLECULARES_DE_BIOPOLIMEROS_POR_MEDIDAS_VISCOSIMETRICAS

BORJA, Camilo. ISO/IEC 17025:2017- Características y novedades de la versión de 2017. {En línea}: <http://arrizabalagauriarte.com/iso-iec-170252017-caracteristicas-novedades-la-version-2017/>

CHAVERRA, Duvan. Expectativas del mercado mundial de recubrimientos industriales. {En línea}: <https://www.inpralatina.com/201711287248/noticias/empresas/expectativas-del-mercado-mundial-de-recubrimientos-industriales.html>

CIRO VELASQUEZ, Daniel José. Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos. Trabajo presentado a promoción como profesor asociado. Medellín. 2006. p.1-2.

COLOMBIA, CONGRESO. Ley 9 de 1979 (enero 24). Por el cual se dictan medidas sanitarias. Bogotá D.C.: El Congreso. 1979.

COLOMBIA, MINISTERIO DE SALUD. Resolución 16078 (28 de octubre de 1985). Por el cual se reglamentan los requisitos de funcionamiento de los laboratorios de control de calidad de alimentos. Bogotá D.C.: El Ministerio. 1985. P 1

DUFFY, John y CARRINGTON, Steve. Reología aplicada a la solución de problemas de la Industria Farmacéutica. Julio de 2008. {En línea}: <http://www.cas-instrumental.com.ar/articulo/reologia-aplicada-a-la-solucion-de-problemas-de-la-industria-farmaceutica.pdf>

ENSAYO DE TENSIÓN. PROTOCOLO. Curso de Materiales. Autor: FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL. Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito". Año 2011. p 7.

Equipo de profesores del centro de documentación, Laboratorio (desarrollo de los temas), [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/312/TEMA%20MUESTRA.pdf. p 4, 5,6.

EuroFlow. Atomización de pinturas líquidas [En línea], [revisado el 30 de enero de 2019]. Disponible en: <http://euroflow.com.ar/atomizacion-de-pinturas-liquidas.html>

FLORES SALAS, Ana Lucia. Ejemplo de un procedimiento del análisis reológico de una pintura con solvente mineral y resina alquídica. Guatemala, agosto del 2005. Universidad de San Carlos de Guatemala. p 6

FLUIDOS UNSA. Reología e hidráulica de los fluidos de perforación. Mayo 2015. <http://fluidosdeperforacionfc.blogspot.com/2015/05/reologia-e-hidraulica-de-los-fluidos-de.html>

GESTEIRA PONCE, Alejandro. Industria farmacéutica e industria cosmética una relación de futuro.03-10-2017. {En línea}: <http://beautyclusterbarcelona.com/blog/industria-farmaceutica-e-industria-cosmetica-una-relacion-futuro/>

GIL, Alexander. Resinas de poliéster. 30 de marzo de 2012. p 3. {En línea}: <http://www.eafit.edu.co/servicios/centrodela laboratorios/infraestructura/laboratorios/Documents/Guia%20de%20manejo%20de%20resinas.pdf>

GIUDICE, Carlos. PEREYRA, Andrea. Control de Calidad de Película de Pinturas. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. Julio 2006. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/calidad.pdf>

HOMBRE MORGADO, Roger. Reología y Textura de Alimentos Dirigido a la Industria del Chocolate. Centro de Documentación e Información Científico-Técnica Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. https://www.ecured.cu/Reolog%C3%ADa_de_los_alimentos

<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3624/1/tema3RUA.pdf>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673 153p.

_____. Pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia. Bogotá, D.C. 2011-01-19. P 15.

_____. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NTC-ISO/IEC 17025. Bogotá D.C. El instituto, 2005, Ip

INVIMA. Manual de normas técnicas de calidad. Guía de técnica de análisis. Tercera revisión. Bogotá 2002. p 12.

MENDEZ, PEREZ, PANIAGUA. Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos. 22 de enero de 2010. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán. {en línea}:
http://www.lajpe.org/jan10/36_Mendez_Sanchez.pdf

MENDOZA, VELILLA. Ricardo. Wilmer. Metodología para la caracterización termomecánica de películas plásticas biodegradables. 2011. Universidad Autónoma del Caribe. p 47

MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA. La ventilación general del laboratorio. NTP 373. El ministerio. [11 de noviembre de 2012]. Disponible en:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_373.pdf

National Fire Protection Association. Norma para extintores portátiles contra incendios. NFPA 10. La asociación, 2007. p. 20

Observatorio Económico de Bogotá. Dirección de Estudios e Investigaciones. Cámara de Comercio de Bogotá.

Occupational Safety & Health Administration. Normas de seguridad y salud ocupacional. OSHA 1910. [09 de noviembre de 2012]. Disponible en:
<http://www.osha.gov/SLTC/personalprotectiveequipment/index.html>

ONAC. Reglas del servicio de acreditación. {en línea}:
[http://www.onac.org.co/anexos/documentos/DOCUMENTOSONAC/\(R-AC01%20Versi%C3%B3n%2007\).pdf](http://www.onac.org.co/anexos/documentos/DOCUMENTOSONAC/(R-AC01%20Versi%C3%B3n%2007).pdf)

ORTEGA, Angie, ROJAS, Diana. Evaluación técnico-financiera para la implementación de un laboratorio de alta tecnología para alimentos en Colombia. 2013. p 8

PAAR, Anton. Alimentos, [en línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.worldof-rheology.com/es/industrias/alimentos/>.

PAAR, Anton. Petroquímicos. {en línea}: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/petroquimicos/>.

PAAR, Anton. Pinturas y recubrimientos. [En línea], [revisado 22 de septiembre de 2018]. Disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/pinturasrecubrimientos/>

PARR, Anton. Farmacéutica. [En línea], [revisado 22 de septiembre de 2018], disponible en internet: <http://www.world-of-rheology.com/es/industrias/cosmeticosfarmacia/>.

R. ARCHBOLD J, CABALLERO S. La enseñanza y aprendizaje del concepto de reología en la química farmacéutica: implicaciones en la elaboración de

medicamentos sólidos. Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia. 2012. p 94.

Revista dinero. Demanda de alimentos y oportunidades. Por Editorial. 2/5/2010. {Disponible en}: <https://www.dinero.com/edicion-imprensa/editorial/articulo/demanda-alimentos-oportunidades/90481>

RIVAS, Rubén. La importancia de la Zona Franca de Bogotá como herramienta gerencial de gestión logística para las empresas colombianas. Trabajo de grado para optar al título de Administrador de Empresas. Pontificia Universidad Javeriana. 2008. [5 de noviembre de 2012]. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis104.pdf>

RODRÍGUEZ, VIDALES, CASTAÑEDA, LEAL, BARRERO, GARZÓN. Impacto de los estudios reológicos en el transporte por oleoducto de crudos parafínicos. 2000. {En línea}: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832000000100002

SAENZ, Jorge. 12 agosto 2018. <https://www.elespectador.com/economia/grandes-petroleras-dan-giro-hacia-la-petroquimica-articulo-805787>

SALVATIERRA FLOREZ, Azucena Lizbeth. Aplicación de los fluidos Newtonianos y no newtonianos en la industria alimentaria. 2015. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. p 14, 15 y 16.

SÁNCHEZ Cristian. Estudio y caracterización reológica de fluidos de perforación basados en agua y bentonita sódica natural. Universidad de las fuerzas armadas. ESPE. Facultad de ingeniería mecánica. Año 2017. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13394/1/T-ESPE-057347.pdf>

SCHORN, SIDNEY, MERKEL. ISO/IEC 17025: Nueva versión 2017. 12 diciembre 2017. {disponible en}: <https://www.isotools.org/2017/12/12/iso-iec-17025-nueva-versión-2017/>.

SCHWEIGGER, Enrique. Manual de pinturas y recubrimientos. Alemania. 2005. p 90-93.

TUPAZ PANTOJA, Jhovany Alexander. Comportamiento reológico y caracterización de una suspensión en circuito cerrado de molienda húmeda para la producción de cemento. Universidad Nacional de Medellín. Facultad de minas. Medellín, 2009. p 11-12.

ANEXOS

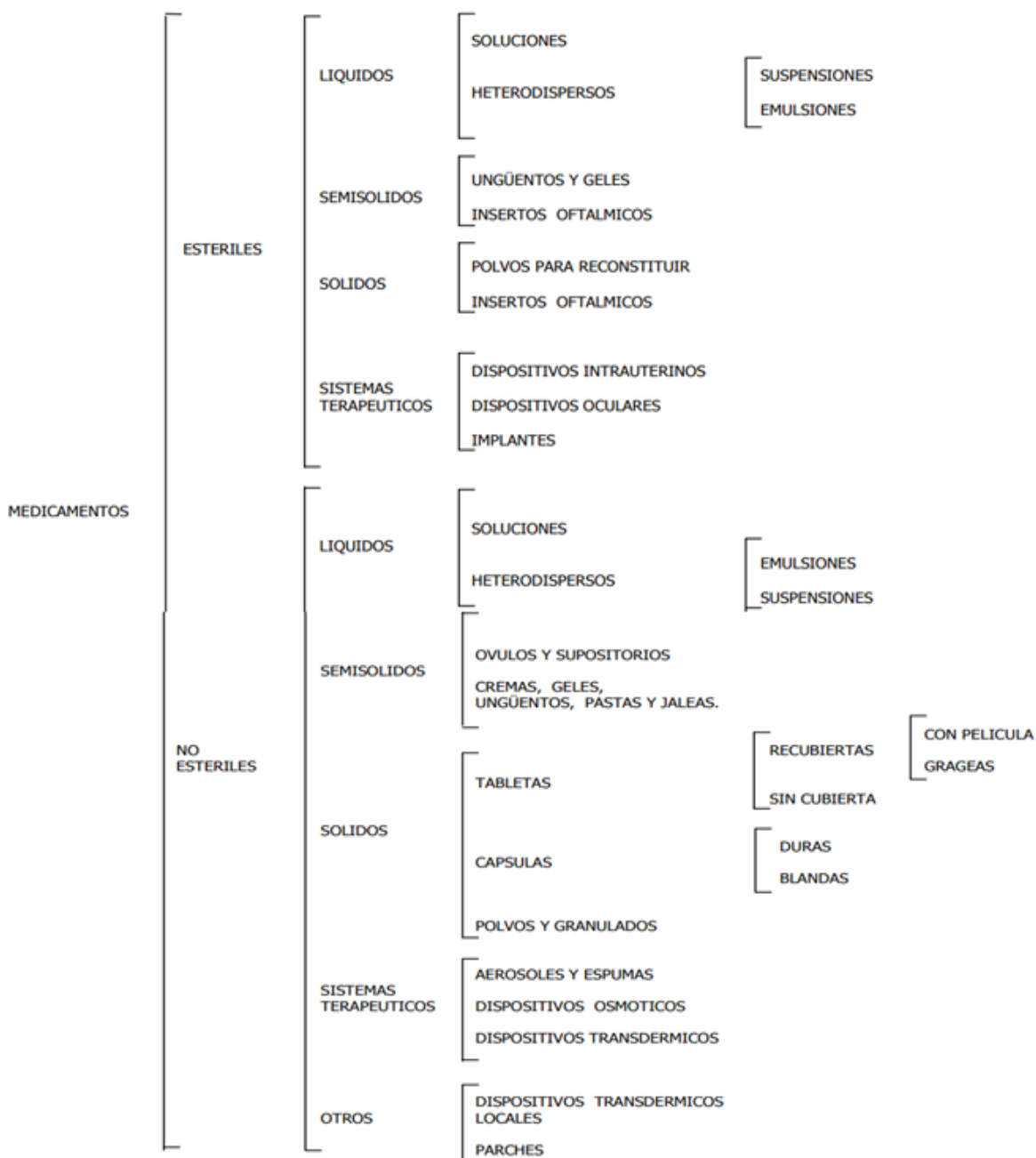
ANEXO A

DIFERENCIAS ENTRE LA 17025 DE 2005 Y 17025 DE 2017

ISO/IEC 17025:2005	Descripción	ISO/IEC 17025:2017
1	Alcance	1
2	Referencias normativas	2
3	Términos y definiciones	3
4.1	Requisitos de gestión	5
4.2	Sistema de gestión	8.1
4.3	Control de documentos	8.2, 8.3
4.4	Revisión de contratos y ofertas	7.1
4.5	Subcontratación	6.6
4.6	Compras	
4.7	Servicio al cliente	--
4.8	Quejas	7.9
4.9	Control de trabajos no conformes	7.10
4.10	Mejora	8.6
4.11	Acción correctiva	8.7
4.12	Acción preventiva	--
4.13	Control de registros	7.8, 8.4
4.14	Auditorías internas	8.8
4.15	Revisión por la dirección	8.9
5.1	Requerimientos técnicos: General	6.1
5.2	Personal	6.2
5.3	Emplazamiento y condiciones ambientales	6.3
5.4	Métodos y validación de métodos	7.2
5.5	Equipamiento	6.4
5.6	Trazabilidad de las mediciones	6.5
5.7	Muestreo	7.3
5.8	Manipulación de los ítems de calibración	7.4
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados	7.7
5.10	Reporte de los resultados	7.8
--	Acciones para abordar riesgos y oportunidades	8.5
--	Control de datos y gestión de la información	7.11

Fuente. ICONTEC. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NTC-ISO/IEC 17025. Bogotá D.C. El instituto, 2005, lp

ANEXO B
LISTADO DE MEDICAMENTOS COMPLETO



Fuente. R. ARCHBOLD J, CABALLERO S. La enseñanza y aprendizaje del concepto de reología en la química farmacéutica: implicaciones en la elaboración de medicamentos sólidos. Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia. 2012. p 94.

ANEXO C

ANÁLISIS REOLÓGICOS COMPLEMENTARIOS		
Nombre del análisis	Descripción	Aspectos importantes
Evaluación del grado de curado en piezas plásticas	<p>El proceso de transformación de estado líquido a sólido se llama curado, polimerización o endurecimiento y viene acompañado de una reacción exotérmica. Este cambio de estado no se presenta inmediatamente se adicionan los promotores de curado (acelerador y catalizador). Esta es una reacción que ocurre a medida que transcurre el tiempo y se genera de forma gradual, pasando de estado líquido a estado gelatinoso (conocido como estado o tiempo de gel) y finalmente ha estado sólido.</p>	<p>El tipo y referencia de resina empleada. La temperatura ambiente, la mayoría de las resinas no curan a temperaturas inferiores a 160°C. La naturaleza y cantidad de catalizador y acelerador. A mayor cantidad de ambos, menor tiempo de gelificación. La humedad relativa. Es necesario mantener una humedad relativa entre 40 y el 54 %. El incremento de la temperatura del proceso, la cual reduce el tiempo de gelificación. A temperatura ambiente no se debe sobrepasar los 27°C por cuestiones puramente lógicas. Espesor del laminado, cuyo aumento disminuye el tiempo de gelificación.</p>
Evaluación del comportamiento viscoelástico de pinturas, tintas, recubrimientos, pastas, geles y materiales fundidos mediante pruebas de Creep-Recovery.	<p>Las pruebas creep recovery se definen como la tasa de disminución de la deformación que se produce cuando la carga se elimina después de la aplicación prolongada en una prueba de fluencia. La temperatura constante se mantiene para eliminar los efectos de la expansión térmica, y las mediciones se toman a partir del tiempo en que la carga es cero para eliminar los efectos elásticos. Límite de arrastramiento.</p>	<p>Este tipo de experimentos consiste en la aplicación de un esfuerzo constante estudiando la deformación producida para posteriormente retirar este esfuerzo y observar la recuperación en función del tiempo. Mientras que en los materiales elásticos la recuperación es total, en los viscosos no hay recuperación y en los viscoelásticos se da una recuperación parcial.</p>
Determinación de tiempos de relajación.	<p>El tiempo de relajación es el tiempo que necesita una sustancia para reorganizar su estructura y alcanzar un nuevo estado de equilibrio, tras haber sido alterado su estado inicial por un esfuerzo externo. Un aumento de la temperatura reduce los tiempos de relajación debido a que las moléculas poseen una mayor facilidad de movimiento y se necesita menos tiempo para volver a adaptarse. Cualquier sustancia podría alcanzar el mismo estado de relajación empleando altas temperaturas para disminuir los</p>	

	<p>tiempos o bajas temperaturas para aumentarlos. Con estas condiciones, se evidencia una equivalencia que dice: “a altas temperaturas, altos tiempos”, esta supone la consideración del principio de superposición tiempo-temperatura.</p>	
<p>Determinación del régimen viscoelástico lineal de los fluidos, G', G''.</p>	<p>Los modelos viscoelásticos se derivan a partir de una relación conocida entre el esfuerzo que se le aplica a una sustancia y la deformación que se genera, esta relación se determina a partir de mediciones oscilatorias donde se produce una deformación oscilatoria sinusoidal a la sustancia y se registra el esfuerzo en función del tiempo.</p>	<p>Cuando se genera una deformación pequeña el esfuerzo generado puede tener un comportamiento oscilatorio con la misma frecuencia (ω) lo que significa que se está trabajando en un régimen viscoelástico lineal. Las pruebas son usadas para realizar un análisis a los tipos de materiales viscoelásticos comenzando con líquidos de baja viscosidad hasta soluciones de polímeros y dispersiones como suspensiones, emulsiones y espumas, e incluso sólidos rígidos.</p>
<p>Pruebas de estudio de entrecruzamiento.</p>	<p>Las propiedades viscoelásticas son frecuentemente determinadas como una función de la temperatura a una dada frecuencia o viceversa. La magnitud de G' a temperaturas altas se conoce como el módulo de equilibrio y es un reflejo del grado de entrecruzamiento del polímero.</p>	
<p>Determinación de parámetros utilizados para clasificar a los materiales según su comportamiento reológico (Ley de potencias, fluidos de Bingham, Casson).</p>	<p>Estos modelos sirven para correlacionar el comportamiento de varios fluidos en un rango de cizalla amplio; aunque en ocasiones no es suficiente un solo modelo para describir el comportamiento de un determinado fluido.</p>	
<p>Evaluación del efecto del envejecimiento en propiedades termomecánicas.</p>	<p>La simulación del envejecimiento se realiza mediante un tratamiento acelerado a temperaturas superiores a aquella en que se produce el envejecimiento natural. En primer lugar, se deben reproducir todos los factores que contribuyen al envejecimiento del cable en cuestión (temperatura, ambiente, radiación, vibraciones, agentes oxidantes). Luego se aumenta la temperatura para acelerar los procesos térmicamente activados del envejecimiento y se determina la velocidad de</p>	<p>Entre los mecanismos de envejecimiento más relevantes se destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> La migración de plastificante hacia la superficie externa del encamisado de los cables y su posterior evaporación. La modificación química de la estructura molecular, por ejemplo: rotura de enlaces intermoleculares (cross-links) u oxidación. La modificación del grado de cristalinidad en polímeros semicristalinos.

	envejecimiento de los parámetros más sensibles al tratamiento a cada temperatura	
Evaluación de la cantidad de plastificante en las propiedades termomecánicas de plásticos	El análisis infrarrojo permite conocer los grupos funcionales de compuestos orgánicos. A través de esta técnica se puede interpretar el espectro y compararlo con bases de datos especializadas para determinar la presencia de grupos funcionales definidos en la estructura molecular.	<p>Propiedades mecánicas: Las propiedades mecánicas son medidas con el módulo de elasticidad, la resistencia a tensión y la elongación del material obtenidas a partir del ensayo de tracción en la máquina.</p> <p>Propiedades térmicas: Las propiedades térmicas como la temperatura de fusión, la temperatura de cristalización y la temperatura de transición vítrea se pueden obtener al realizar un ensayo de calorimetría diferencial de barrido (DSC) a la muestra, para la cual se utiliza un calorímetro.</p>
Determinación de distribución de pesos moleculares vía análisis viscoelástico lineal.	Para la determinación de pesos moleculares se utiliza el método viscosímetro. Este se basa en el fenómeno que causan las moléculas filiformes de un marcado incremento en la viscosidad del solvente en el cual están disueltas (Siendo más alto el incremento entre más grande sea el peso molecular). Este método solo es válido para las moléculas que sean lineales o ligeramente ramificadas y no para aquellas esféricas o que son altamente ramificadas como las proteínas globulares y el glucógeno.	Para determinar el peso molecular requiere hacer mediciones de viscosidad las cuales se pueden hacer en viscosímetros capilares; se realiza a tan bajas concentraciones que la densidad de la solución sea similar a la del solvente. De esta manera las mediciones de la viscosidad de la solución sea únicamente la comparación del tiempo de flujo (t) requerido para un determinado volumen de la solución de un polímero al fluir a través de un tubo capilar con el respectivo tiempo de flujo (to) para el solvente.

Fuente: elaboración propia.

ANEXO D

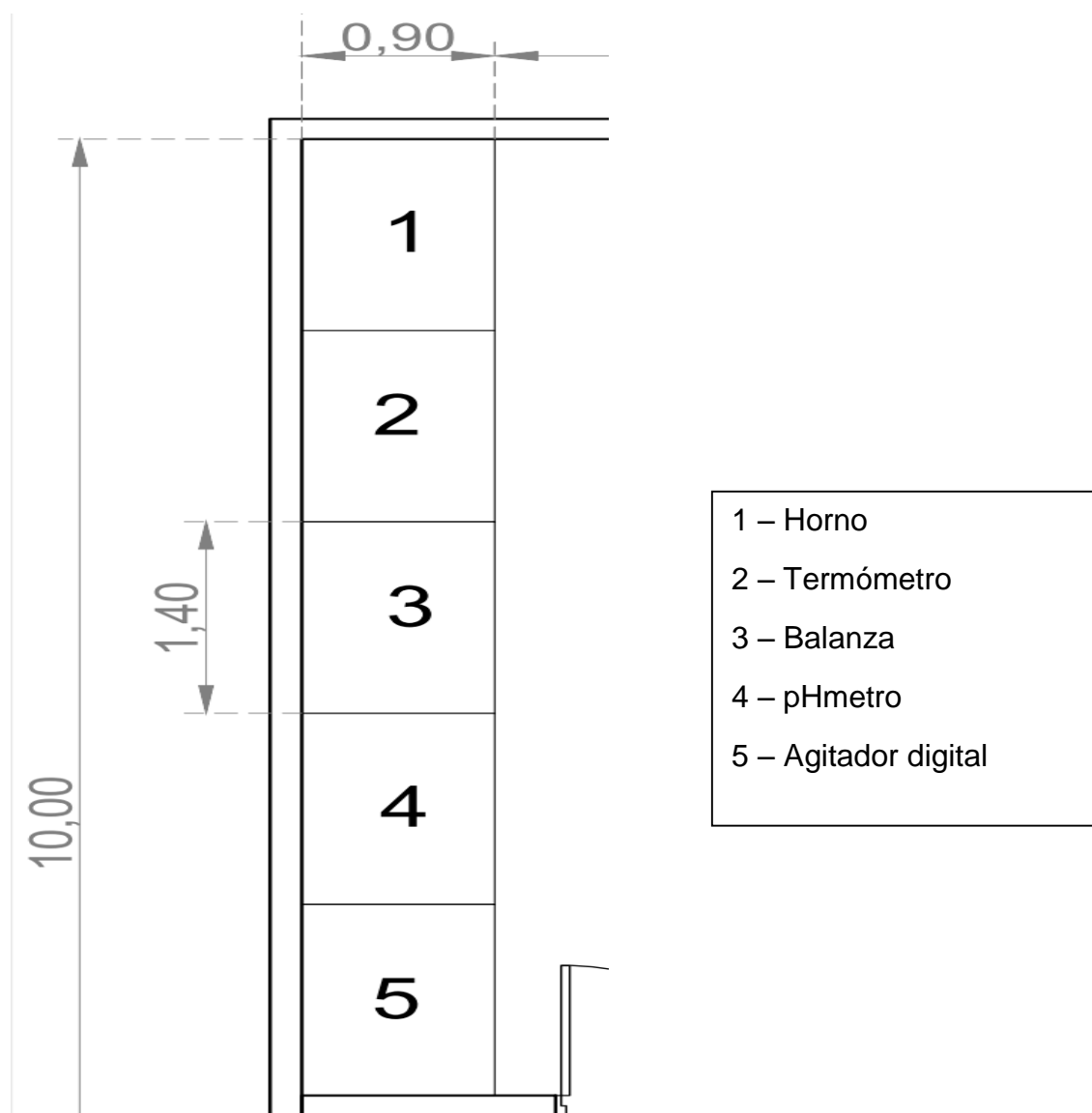
CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA EL LABORATORIO

REQUISITOS PARA CALIFICAR COMO USUARIO EN LA ZONA FRANCA ¹²⁴

1. Debe ser una persona jurídica, debe presentar el certificado de existencia y representación legal.
2. Razón social, objeto social y domicilio.
3. Registro único tributario.
4. Descripción del proyecto a realizar: resumen ejecutivo del proyecto (objetivos, metas, justificación, valor de inversión, impacto socioeconómico) descripción detallada de inversión (monto estimado de ventas, número de empleos, ubicación del proyecto y área, instalaciones de producción, administrativas y de servicios, cronograma de ejecución del proyecto).
5. Clase de usuario al cual se desea aplicar.
6. Estudios de factibilidad financiera (supuestos económicos, proyección de estados financieros, sustentación del valor presente neto, descripción del modelo financiero, proyección de ventas) y factibilidad económica (proyección de indicadores económicos, descripción de procesos industriales, materias primas, estrategia de producción, análisis del mercado).
7. Documento suscrito por el representante legal, el contador y el revisor fiscal donde se encuentre la composición del capital y la nueva inversión para el desarrollo del proyecto.
8. Documento suscrito por el representante legal donde se compromete a certificar su empresa en gestión de calidad.
9. Documento donde se compromete a generar empleo.
10. Certificación expedida por la dirección de impuestos y aduanas nacionales.
11. Sistema para la prevención de lavado de activos.
12. Otros documentos:
 - Certificado de existencia y representación legal.
 - Copia de los estatutos vigentes
 - Estados financieros correspondientes al último periodo contable
 - Proyección de estados financieros a diez años
 - Referencia bancaria
 - Referencia comercial
 - Formularios adicionales
 - Declaración juramentada de origen de bienes
 - Contrato de arrendamiento o compra-venta

¹²⁴ Gaitán, Diego. Cartilla de calificación, usuario industrial de bienes, usuario industrial de servicios y usuario comercial. Zona Franca de Bogotá, 2011. [05 de noviembre de 2012]. Disponible en: http://www.zonafrancabogota.com/images/cartilla_calificacion.pdf

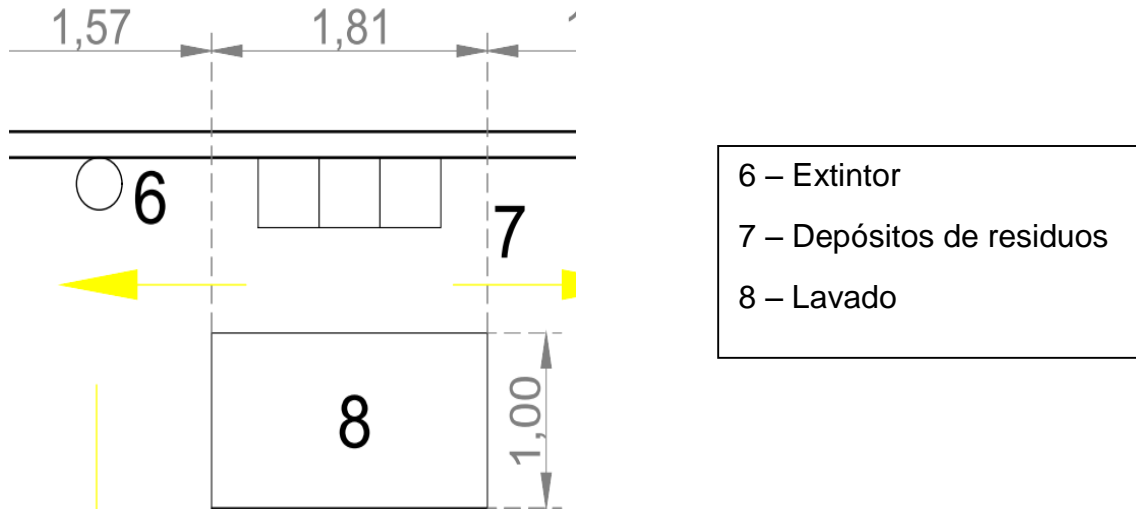
ANEXO E
PLANO DEL ÁREA CONVENCIONAL DEL LABORATORIO



Fuente: elaboración propia.

ANEXO F

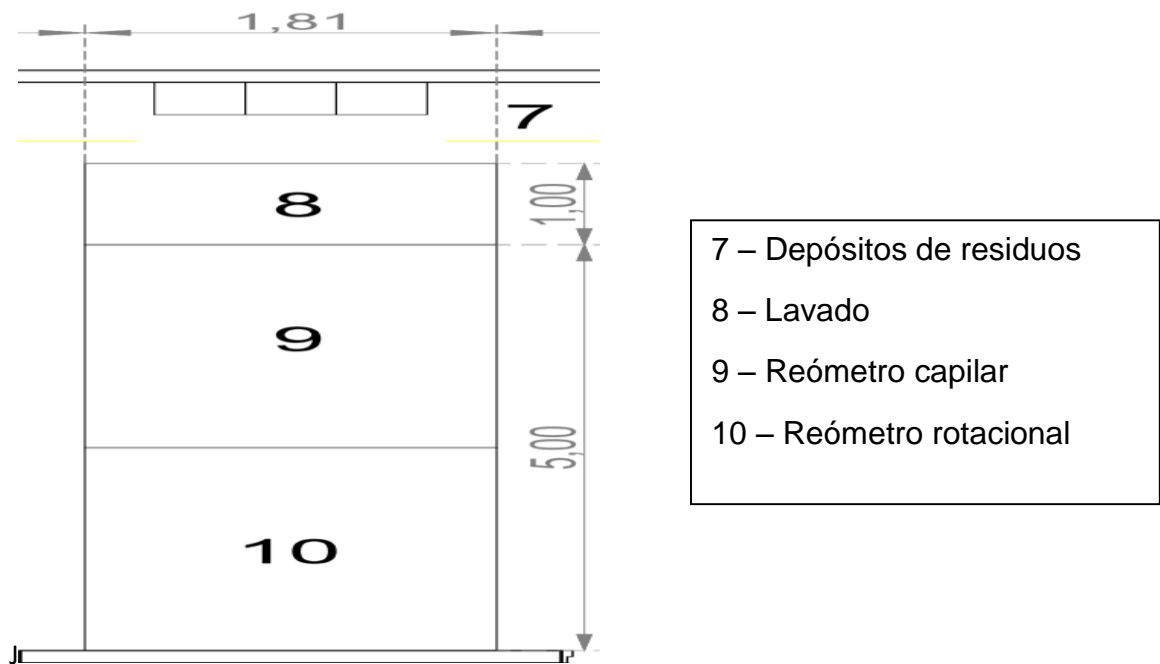
PLANO DEL ÁREA DE EXTINTOR Y RESIDUOS DEL LABORATORIO



Fuente: elaboración propia.

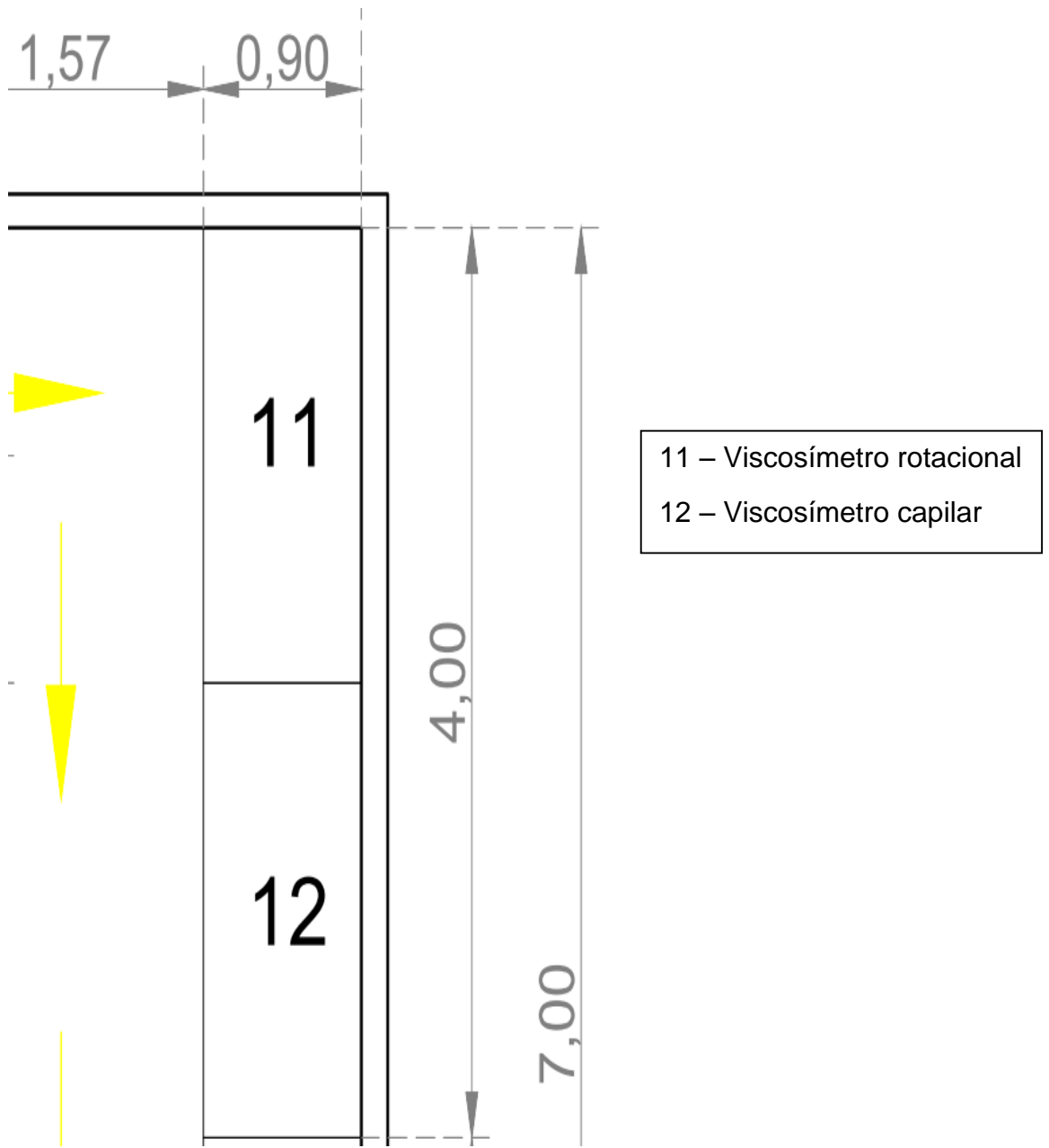
ANEXO G

PLANO DEL ÁREA DE REOMETRÍA DEL LABORATORIO



Fuente: elaboración propia

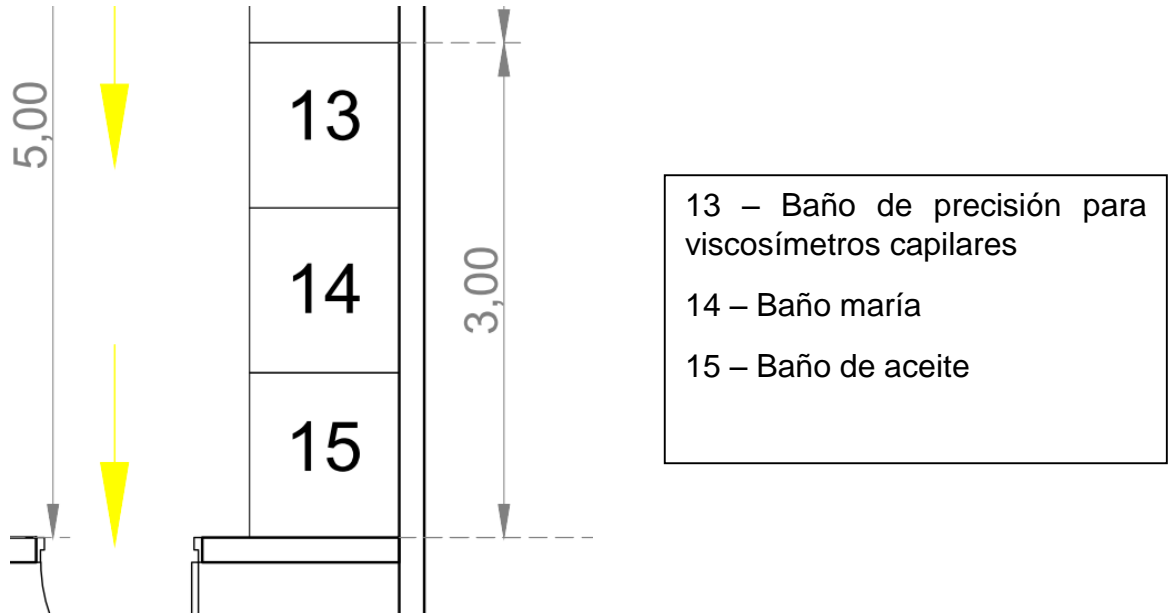
ANEXO H
PLANO DEL ÁREA DE VISCOSIDAD DEL LABORATORIO



Fuente: elaboración propia.

ANEXO I

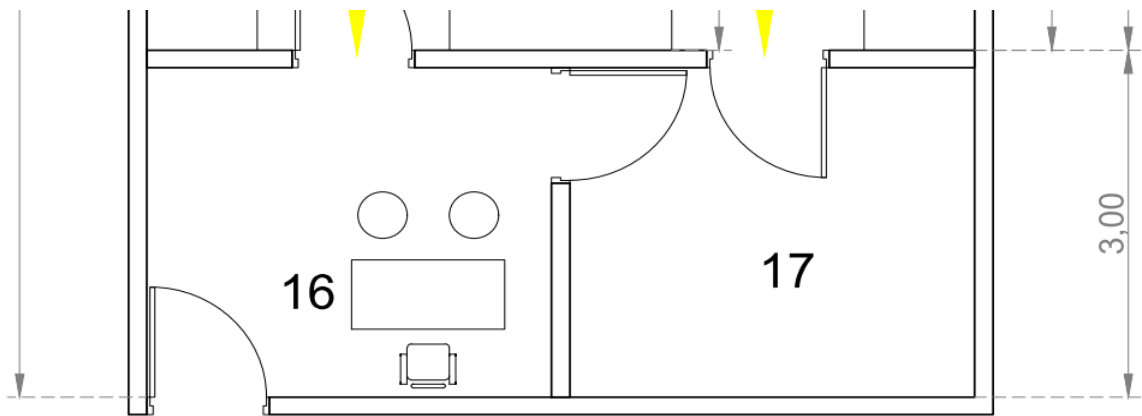
PLANO DEL AREA DE BAÑOS DEL LABORATORIO



Fuente: elaboración propia

ANEXO J

PLANO DEL AREA DE ALMACENAMIENTO Y OFICINA



Fuente: elaboración propia

- 16 – Oficina
- 17 – Almacenamiento

ANEXO K

TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE EXTINTORES PARA CLASE A

Criterio	Riesgo leve	Riesgo Ordinario	Riesgo extraordinario
Extintor individual, clasificación mínima	2-A	2-A	2-A
Área máxima de piso por unidad de A	278,7 m ²	139,4 m ²	92,9 m ²
Área máxima de piso por extintor	1045,1 m ²	1045,1 m ²	1045,1 m ²
Distancia máxima de recorrido hasta el extintor	22,9 m	22,9 m	22,9 m

Fuente. ICONTEC. Extintores portátiles contra incendios. NTC 2885. El instituto, 2009. P: 19. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/50153672/NTC2885>

ANEXO L

VIDRERIA

Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Embudo de separación 100ml	1	\$ 64,000.00	\$ 64,000.00
Embudo de separación 250ml	1	\$ 75,000.00	\$ 75,000.00
Embudo de separación 500 ml	1	\$ 90,000.00	\$ 90,000.00
Vaso de precipitado 10 ml	2	\$ 8,200.00	\$ 16,400.00
Vaso de precipitado 50 ml	3	\$ 10,300.00	\$ 30,900.00
Vaso de precipitado 100 ml	3	\$ 12,500.00	\$ 37,500.00
Vaso de precipitado 250 ml	2	\$ 15,600.00	\$ 31,200.00
Vaso de precipitado 600 ml	2	\$ 17,900.00	\$ 35,800.00
Pipeta Graduada 10 ml	2	\$ 7,900.00	\$ 15,800.00
Pipeta Graduada 5 ml	2	\$ 6,900.00	\$ 13,800.00
Pipeta Graduada 2 ml	2	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00
Pipeta Graduada 1 ml	2	\$ 7,500.00	\$ 15,000.00
Bureta llave recta 50 ml	1	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00
Bureta llave recta 25 ml	1	\$ 62,200.00	\$ 62,200.00
Soporte universal (20x20cm)	2	\$ 230,525.00	\$ 461,050.00
Tubo de ensayo	20	\$ 1,990.00	\$ 39,800.00
Gradilla	5	\$ 22,000.00	\$ 110,000.00
Probeta 25 ml	2	\$ 55,000.00	\$ 110,000.00
Probeta 50 ml	2	\$ 70,000.00	\$ 140,000.00
Probeta 100 ml	2	\$ 95,000.00	\$ 190,000.00
Probeta 500 ml	2	\$ 120,000.00	\$ 240,000.00
Erlenmeyer 50 ml	3	\$ 25,700.00	\$ 77,100.00

Continuación anexo L			
Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Erlenmeyer 100 ml	3	\$ 28,900.00	\$ 86,700.00
Erlenmeyer 250 ml	2	\$ 31,300.00	\$ 62,600.00
Erlenmeyer 500 ml	2	\$ 45,600.00	\$ 91,200.00
Vidrio de reloj 100 mm	2	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00
Vidrio de reloj 70 mm	2	\$ 7,500.00	\$ 15,000.00
Espátula	2	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00
Total			\$ 2,221,050.00

Fuente: elaboración propia.

ANEXO M

COTIZACIÓN INVERSIÓN EN OBRAS FÍSICAS

Cotización puertas de laboratorios		
Marca	Material	Precio
Yizhong	Aluminio	\$ 722,745.00
TANÉ HERMETIC	Aluminio	\$ 803,050.00
TANÉ HERMETIC	Acero inoxidable	\$ 1,606,100.00
Hotian	Acero galvanizado	\$ 321,220.00
Éxito	Acero/aluminio	\$ 642,440.00

Fuente: elaboración propia

Cotización de mesas de laboratorio					
Marca	Material	Precio metro	Precio línea central	Precio líneas laterales	Precio total
daquin	Acero inoxidable	\$ 475,900.00	\$ 2,855,400.00	\$ 6,662,600.00	\$ 9,518,000.00
Labolan	Acero laminado	\$ 1,960,238.00	\$ 11,761,428.00	\$ 27,443,332.00	\$ 39,204,760.00
Norlab	Acero laminado	\$ 1,325,300.00	\$ 7,951,800.00	\$ 18,554,200.00	\$ 26,506,000.00
Dupon	Aluminio	\$ 1,295,390.00	\$ 7,772,340.00	\$ 18,135,460.00	\$ 25,907,800.00
ArqStyle	Madera	\$ 835,709.00	\$ 5,014,254.00	\$ 11,699,926.00	\$ 16,714,180.00

Fuente: elaboración propia

ANEXO N
COTIZACIÓN INVERSIÓN EN MAQUINARIA

Cotización muebles y enseres			
Detalle	Marca	Estilo	Precio
Escritorio	Asenti	Vidrio	\$ 139,900.00
Escritorio	Asenti	Metal vidrio tripoli	\$ 379,900.00
Escritorio	Walnut	MDF roble	\$ 349,900.00
Sillas de oficina	Karson	Con brazos	\$ 109,900.00
Sillas de oficina	Home collection	Respaldo bajo	\$ 199,900.00
Sillas de oficina	Home collection	cromada	\$ 199,900.00
Sillas operarias	Home collection	Giratoria	\$ 249,900.00
Sillas operarias	Home collection	Estable de acero	\$ 169,900.00
Sillas operarias	Home collection	Estable York	\$ 94,900.00
Archivador	Moduart	Napoles-ruedas	\$ 339,900.00
Archivador	Industrias cruz	Metálico	\$ 306,900.00
Archivador	Industrias cruz	Venetto	\$ 381,900.00
Extintor	Autostyle	5 libras	\$ 31,900.00
Extintor	Redline	10 libras	\$ 56,400.00
Extintor	Redline	20 libras	\$ 79,900.00
Depósito de residuos	Rubbermaid	30.3 litros	\$ 189,900.00
Depósito de residuos	Estra	50 litros	\$ 54,900.00
Depósito de residuos	Estra	35 litros	\$ 59,900.00
Señalizaciones	Fixser	-	\$ 15,900.00
Señalizaciones	Fixser	-	\$ 13,900.00
Señalizaciones	Fixser	-	\$ 11,900.00

Fuente: elaboración propia

ANEXO O
COTIZACIÓN DE MATERIALES

Materiales directos				
Material	Entidad	Tipo/Marca	Cantidad	Precio
Bencina	Elementos químicos ltda.	Petroleo 40°C - 60°C	1 litro	\$ 50,000.00
Bencina	Elementos químicos ltda.	Petroleo 60°C - 80°C	1 litro	\$ 52,000.00
Bencina	Soluciones y solventes	Zippo	1 litro	\$ 60,000.00
Agua destilada	Elementos químicos ltda.	CHEMI	4 litros	\$ 70,000.00
Agua destilada	Elementos químicos ltda.	CHEMI	20 litros	\$ 131,000.00

Continuación anexo O

Material	Entidad	Tipo/Marca	Cantidad	Precio
Agua destilada	Elementos químicos Ltda.	CHEMI	5 litros	\$ 87,000.00
Acetona	Elementos químicos Ltda.	PANREAC 99.5%	1 litro	\$ 59,000.00
Acetona	Soluciones y solventes	Anhídrica 100% pura	1 litro	\$ 70,000.00
Acetona	Elementos químicos Ltda.	PANREAC 99.5%	2.5 litros	\$ 131,000.00
Alcohol	Elementos químicos Ltda.	PANREAC 99.5%	1 litro	\$ 78,900.00
Alcohol	Elementos químicos Ltda.	CHEMI 99.5%	1 litro	\$ 46,000.00
Alcohol	Elementos químicos Ltda.	PANREAC Bio. Molecular	1 litro	\$ 128,000.00

Fuente: elaboración propia.

Materiales indirectos				
Material	Entidad	Tipo/Marca	Cantidad	Precio
Resma de papel	Panamericana	CARTOprint	500 hojas	\$ 6,900.00
Resma de papel	Alkosto	Reprograf	500 hojas	\$ 12,900.00
Resma de papel	Reprograf	Ecologica	500 hojas	\$ 59,700.00
Lapiceros	Tienda Escolar	Bic	12	\$ 7,800.00
Lapiceros	Panamericana	Bic	15	\$ 10,600.00
Lapiceros	Éxito	Bic	5	\$ 5,990.00
Lapiz	Panamericana	Pelikan	12	\$ 7,500.00
Lapiz	Panamericana	Norma	12	\$ 9,900.00
Lapiz	Panamericana	Kores	12	\$ 7,600.00
Borrador	Panamericana	Faber Castell	10	\$ 6,100.00
Borrador	Panamericana	Pelikan	10	\$ 6,300.00
Borrador	Éxito	Pelikan	10	\$ 7,000.00
Tajalapiz electrico	Panamericana	Royal Consumer	1	\$ 98,900.00
Tajalapiz electrico	Industrias Goto	Goto	1	\$ 80,000.00
Tajalapiz electrico	K&CO SAS	eagle	1	\$ 76,300.00
Cosedora electrica	Homecenter	KW-Trio	1	\$ 299,900.00
Cosedora compacta	Panamericana	Compact stapler	1	\$ 30,600.00
Cosedora extendida	Panamericana	Nhitan	1	\$ 217,800.00

Fuente: elaboración propia.