



# **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

**Diego González  
Hernán Montoya  
Robinson Rodríguez  
Natalia Rodríguez**

Universidad EAN  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Industrial  
Proyecto de integración  
Bogotá, Colombia

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

### **Resumen**

En Colombia el consumo de alcohol adulterado se ha disparado en los últimos años, esto debido a que el contrabando está creciendo de manera exponencial a lo largo de todo el país y los precios a los que se ofrecen estas bebidas son muy llamativas para los compradores. Esta actividad ilegal, abre la puerta a la fabricación y comercialización de bebidas falsificadas y sin control alguno en su proceso de producción, son fabricadas utilizando sustancias químicas que tienen un uso frecuente en disolventes, productos de limpieza y demás elementos que no son aptos para el consumo humano. Las consecuencias en la salud al generarse un consumo de bebidas adulteradas inicia desde una leve intoxicación, casos de hospitalización, ceguera, coma y en algunas ocasiones hasta la muerte.

Es por esto que se genera la necesidad de realizar una investigación con el objetivo de aportar en la identificación de bebidas adulteradas para prevenir y contrarrestar las posibles afecciones que se pueden presentar en las personas que lo consuman.

La industria 4.0 ha traído una gran variedad de herramientas tecnológicas que facilitan diversos tipos de procesos y análisis de datos, por esto se escoge utilizar un mapa de calor que permita identificar las bebidas que se encuentren adulteradas y evitar su consumo y los posibles daños en la salud.

**Palabras clave:** Alcohol, adulterado, identificación, mapa, industria, prevenir, salud

### **Abstract**

In Colombia, the consumption of adulterated alcohol has exploded in recent years, due to the fact that smuggling is growing exponentially throughout the country and the prices at which these drinks are offered are very attractive to buyers. This illegal activity opens the door to the manufacture and marketing of counterfeit drinks and without any control in their production process, they are manufactured using chemical substances that are frequently used in solvents, cleaning products and other elements that are not suitable for drinking. human consumption. The health consequences of consuming adulterated beverages start from mild intoxication, hospitalization, blindness, coma, and sometimes even death.

This is why the need for research is generated in order to contribute to the identification of adulterated beverages to prevent and counteract the possible conditions that may occur in people who consume it.

Industry 4.0 has brought a great variety of technological tools that facilitate various types of processes and data analysis, for this reason it is chosen to use a heat map that allows identifying the beverages that are adulterated and avoiding their consumption and possible damage to the Health.

**Keywords** Alcohol, adulterated, identification, map, industry, prevent, health

# Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

## Tabla de contenido

1. Introducción .....	5
1.1. Tema de investigación .....	5
1.2. Problema de investigación.....	5
1.3. Preguntas de investigación .....	6
2. Objetivos.....	6
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
3. Justificación .....	7
3.1. Antecedentes .....	8
3.1.1. Técnicas de identificación del alcohol adulterado .....	8
3.1.2. Normatividad en Colombia.....	10
3.1.3. Recomendaciones ministerio de Salud .....	12
3.1.4. Afectaciones para la salud al ingerir licor adulterado .....	13
4. Marco de referencia.....	16
4.1. Estado del arte .....	16
4.2. Marco conceptual.....	18
5. Hipótesis.....	20
5.1. Hipótesis central .....	20
5.2. Hipótesis auxiliar .....	21
6. Metodología .....	21
6.1. Metodología cuantitativa.....	21
6.2. Alternativa seleccionada: Mapa de calor .....	22
Código de Ética y Conducta Profesional ACM.....	22
7. Desarrollo .....	26
7.1. Parámetros de construcción del código.....	27
7.2. Parámetros de comparación teórica.....	30
8. Propuesta final .....	31
9. Conclusiones .....	33
Referencias.....	34

# Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

## Lista de tablas

Tabla 1. Normatividad vigente en Colombia.....	12
Tabla 2. Especificaciones de ingeniería .....	23
Tabla 3. Hierarchy of Safety Programs taken from <a href="https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071834087/toc-chapter/chapter23/section/section2">https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071834087/toc-chapter/chapter23/section/section2</a> .....	23
Tabla 4. Análisis de restricciones .....	26
Tabla 5. Variables del aguardiente .....	28
Tabla 6. Presupuesto alternativa seleccionada .....	33

## Lista de figuras

Figura 1. Proceso de evaluación AIChE tomado de <a href="https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071834087/toc-chapter/chapter23/section/section2">https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071834087/toc-chapter/chapter23/section/section2</a> .....	25
Figura 2. Aguardiente cristal, resultado del código anteriormente descrito.....	27

# **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

## **1. Introducción**

### **1.1. Tema de investigación**

**TÍTULO DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LÍCOR ADULTERADO APLICANDO CONCEPTOS DE INDUSTRIA 4.0 EN BOGOTÁ.

**PALABRAS CLAVES:** Licor adulterado, técnicas analíticas, técnicas de muestreo, industria 4.0, evaluación licor adulterado.

**ÁREA DE INVESTIGACIÓN:** Gestión en salud. Ingeniería de procesos y productos enfocado a nuevas tecnologías.

**COBERTURA DEL PROYECTO:** En las Principales ciudades turísticas de Colombia (Bogotá, Medellín, Cartagena); las tres mencionadas anteriormente presentan altos índices de vida nocturna en personas nacionales y extranjeras y este proyecto se enfocará en la ciudad capital Bogotá.

**CAMPO DE INTERÉS:** Salud pública.

### **1.2. Problema de investigación**

El contrabando es una actividad ilegal que genera pérdidas significativas para la economía colombiana, según estudio realizado por Fedesarrollo en su informe del año 2012 “Una Estimación de la Adulteración y la Falsificación de Bebidas Alcohólicas en Colombia” – Centro de investigación Económica y Social esta problemática representa pérdidas de US \$1500 millones en recaudo de impuestos equivalente al 0,5% del PIB.

De igual manera, el crecimiento exponencial del mercado ilegal de producción de bebidas alcohólicas adulteradas ha generado que tanto entes gubernamentales como áreas de investigación centren la mira en este problema. A continuación, se presentan cifras nivel Colombia y de las ciudades de cobertura de este proyecto:

De acuerdo con el último estudio realizado por la Universidad Javeriana en el año 2011, el 25% de las bebidas alcohólicas en Colombia son adulteradas. (La estrategia contra el alcohol adulterado, 2021).

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

El papel que desempeña Cartagena al ser una zona franca para el comercio internacional es la exportación del 2,74% de alcohol etílico potable mayor a 80°, mientras que Bogotá aporta en un 89,68%; ambas ciudades exportan sin la verificación del consumo y uso que le dan a este insumo; trayendo como consecuencia un aumento en las cifras de adulteración (Proyectos.andi.com.co, 2021).

Tal es el caso de la Universidad de Antioquia, donde informa que según estimaciones econométricas el 50% de los licores que se venden en el departamento de Antioquia son ilegales (Centro de Investigaciones y Consultorías (CIC), Universidad de Antioquia, 2011). En suma, se identifica un problema en la adulteración de bebidas alcohólicas, se reconocen trabajos y estudios que permiten contextualizar las variantes utilizadas para la falsificación de estas bebidas y datos estadísticos para analizar la situación en ciudades como Bogotá, Medellín y Cartagena con el fin de adaptar alternativas que disminuyen estas prácticas y hagan frente a la ilegalidad.

La salud pública en Bogotá presenta un enorme problema con el consumo de licor adulterado en forma masiva. Este se puede encontrar en cualquier tienda de barrio, bares y restaurantes en la capital de Colombia. Eso afecta a todas las personas que consumen licor. No existe una metodología clave o un proceso de identificación clara y que sea conocido en toda la sociedad. No se puede establecer la procedencia confiable, original y segura del aguardiente. Hay una entidad pública del estado colombiano que trata de mitigar el impacto.

### **1.3. Preguntas de investigación**

No hay información actualizada para la identificación de los licores adulterados en Colombia o que esté al alcance de la ciudadanía.

Las cifras estadísticas de los efectos causados a las personas no son divulgadas abiertamente por los medios de comunicación tradicionales.

- I. ¿Hay alternativas conocidas asequibles al público en general para la identificación de licores adulterados en Colombia?
- II. ¿Hay prevención y capacitación por parte de las autoridades competentes como alcaldías y secretaria de salud?
- III. ¿Existen campañas periódicas de prevención y divulgación para hacer frente a esta problemática de salud?

## **2. Objetivos**

# **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

## **2.1. Objetivo general**

Identificar alternativas para reconocer la observación de parámetros y protocolos que permitan reconocer licor adulterado incluyendo conceptos de industria 4.0 en Colombia.

## **2.2. Objetivos específicos**

- Identificar alternativas para identificar el aguardiente adulterado en Bogotá D.C. Colombia.
- Plantear las variables de proceso, fundamentos y criterios de la industria 4.0 que apliquen a la identificación del aguardiente adulterado.
- Aplicar matriz EFI & EFE para generar un mapa de calor.

## **3. Justificación**

En la actualidad, la venta de un producto de gran consumo masivo como son las bebidas alcohólicas, las cuales producen grandes beneficios financieros para el fisco nacional, se ven opacados por todos los mercados ilegales que surgen a su alrededor, entre los que encontramos contrabando y adulteración, estos últimos con gran aceptación y venta debido a su precio más bajo, aunque en los últimos años las organizaciones delictivas han optado por similar el precio a los licores legales para ocultar este delito.

Por lo anterior, este proyecto tiene como fin evaluar las alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en ciudades turísticas de Colombia como Bogotá, Medellín y Cartagena y dar a conocer los avances en la prevención y promoción de la salud que ayuden a minimizar los efectos de esta problemática nacional. Esta investigación será de consulta general para dar información actualizada a la ciudadanía de las alternativas para identificar licores adulterados. Cada vez es más complicado detectar el licor adulterado. (2014, March 18). *El Tiempo - National and International News*.

De manera implícita podemos validar que el mercado ilegal ha tenido un acaparamiento de este mercado a nivel nacional por las diferentes formas de comercializarlo, fácil de conseguir y actualmente con precios más económicos, lo que contrarresta con la producción legal debido a que tienen que hacer pagos responsables ante las autoridades y sobre todo tener unos rigurosos estándares de calidad exigidos.

La presente propuesta de investigación respecto a la adulteración del aguardiente se hace debido a que es según la información previa leída el licor más adulterado en Bogotá. El aguardiente es de bajo costo y muy fácil acceso para los consumidores. También, la necesidad

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

de encontrar disponible una herramienta que ayude a identificar de manera rápida la confiabilidad de un licor. Así, impactar de forma positiva a la sociedad con una solución oportuna donde pueda visualizar con un mapa de calor hecho con tecnologías de minería de datos, big data. Para luego utilizar estos datos en crear un mapa de calor usando la matriz EFE & EFI. Los beneficiados con este mapa de calor serán los dueños de locales comerciales que expenden este tipo de licor, en consecuencia, los usuarios finales, consumidores que pueden tener más confianza en que el producto comprado es más seguro usando este desarrollo investigativo.

Este documento será de consulta general y permitirá a próximos investigadores en el tema de salud pública, especialmente toxicólogos y sociólogos, partir de datos verídicos y confiables, obtenidos bajo un alto estándar de exigencia y objetividad. Así mismo permitirá la actualización de la escasa información referente al tema de los métodos de identificación y control de licor adulterado en Bogotá.

Al desarrollar este trabajo investigativo bajo la óptica de las industrias 4.0, permitirá brindar a los lectores una idea amplia de la aplicación de este concepto a las diferentes actividades llevadas a cabo por empresas industriales tradicionales, en este caso, licoreras con más de 70 años de historia y crecimiento paulatino en el mercado nacional e internacional, evidenciando la potencialización que sus métodos, técnicas y procesos, mediante la generación de datos propios de la producción y sujetos a continuo análisis, en pro del mejoramiento de la calidad y de la utilidad final del ejercicio económico.

### **3.1. Antecedentes**

#### **3.1.1. Técnicas de identificación del alcohol adulterado**

La secretaria de salud se concentra en revisión de sellos, bandas de seguridad, etiquetas, registros sanitarios, propiedades y condiciones de buenas prácticas de manufactura; como el rotulado, grado alcohólico declarado, fecha de vencimiento caducada, partículas extrañas en el contenido y el inadecuado almacenamiento y conservación. (Giraldo, 2018)

La cromatografía sirve para el análisis de muestras complejas en campos muy diversos por ser pruebas limpias. Donde para lograrlo se usan estas técnicas de separación la cual es una de la más usada en la actualidad. Dentro de ella se denomina dos aplicaciones importantes, cromatografía de gases (GC) y cromatografía de líquidos (HPLC). En una tesis de grado de (Mamani, 2020) el investigador usó (GC) para identificar la muestra tomada de aguardiente de caña y validar si cumplía con la reglamentación estatal, al emplear esta técnica pudo dar respuesta a su tesis. (Polo, 2015)

Para identificar el metanol en algunos licores usan el método químico espectrofotométrico



## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

donde verifican si los valores del estudio de algunos licores están bajo la normatividad legal de su país. Según (Ecured, n.d.) establece como una de las principales aplicaciones la de determinar la cantidad de concentración en una solución de algún compuesto y dice también, que es uno de los métodos de análisis óptico más usado en las investigaciones químicas y biológicas. (Gil & Chávez, 2019)

A continuación, se identifican diferentes técnicas analíticas para la identificación de licor adulterado, entre los que podemos identificar:

- Método de destilación como proceso físico de separación que consiste en separar parcialmente una mezcla de líquidos con diferentes temperaturas de ebullición.
- Emplear la destilación simple para separar un líquido de sus impurezas no volátiles.
- Determinar el grado alcohólico de una bebida a partir de la densidad del destilado.
- La destilación de una bebida alcohólica puede aproximarse a la destilación de una mezcla etanol-agua a presión constante en la que hay formación de un azeótropo o mezcla azeotrópica (Cubillos,G; Wist, Jn).
- Cada bebida alcohólica debe cumplir con una serie de requisitos para ser considerada apta para consumo humano y poderse comercializar. El organismo de control encargado en Colombia es el ICONTEC. Instituto de normas técnicas y certificación, es el organismo nacional de normalización según el decreto 2269 de 1993.
- Las bebidas alcohólicas pueden clasificarse según su proceso de elaboración en dos grandes grupos: las que se obtienen mediante fermentación directa de frutas frescas y sanas seleccionadas sin ningún tipo de tratamiento adicional o las que incluyen destilación fraccionada en su proceso de elaboración. Al primer grupo pertenecen principalmente los vinos y sidras; dentro del segundo grupo encontramos bebidas como el vodka, whisky, ron. Sin importar el grupo al cual pertenecen se parte de un sustrato de origen natural fermentable que recibe el nombre de mosto (Todo sustrato fermentable)
- Icontec establece en la NTC 5113 tres métodos diferentes para la determinación del grado alcohólico de una bebida:
  - o Destilación simple de la bebida
  - o Determinación del contenido de alcohol o uso de un alcoholímetro
  - o Determinación del índice de refracción
- El Grado alcohólico de un licor se define como el tanto por ciento en volumen de alcohol etílico expresado a 20°C (Trujillo, 2007)

$$\text{Grado alcohólico} = \frac{m_{\text{Etanol}}}{m_{\text{Etanol}}} * 100$$

Ecuación 1. Determinación del grado de alcohol de un licor

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

### **3.1.2. Normatividad en Colombia**

- **Ley 9ª de 1979, Código sanitario nacional.**

#### **De los productos.**

**ARTÍCULO 304.-** No se consideran aptos para el consumo humano los alimentos o bebidas alterados, adulterados, falsificados, contaminados o los que por otras características anormales puedan afectar la salud del consumidor (Ley 9 de 1979 - EVA - Función Pública, 2021).

x

#### **De las bebidas alcohólicas.**

**ARTÍCULO 417.-** Todas las bebidas alcohólicas cumplirán con las normas de la presente Ley y sus reglamentaciones. El Ministerio de Salud clasificará las bebidas alcohólicas de acuerdo con su contenido alcohólico (Ley 9 de 1979 - EVA - Función Pública, 2021).

**ARTÍCULO 418.-** Las materias primas que se empleen en la elaboración de bebidas alcohólicas cumplirán además las condiciones establecidas en la presente Ley, sus reglamentaciones, y las siguientes:

- a. Agua potable,
- b. Cereales malteados o no, azúcares, levaduras, flores de lúpulo y demás materias primas exentas de contaminación (Ley 9 de 1979 - EVA - Función Pública, 2021).

**ARTÍCULO 419.-** En los locales de elaboración o fraccionamiento de bebidas alcohólicas se prohíbe mantener productos no autorizados por la autoridad competente que modifiquen el estado o la composición natural de las bebidas alcohólicas (Ley 9 de 1979 - EVA - Función Pública, 2021).

- **Decreto 1686 de 2012**

Por el cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir para la fabricación, elaboración, hidratación, envase, almacenamiento, distribución, transporte, comercialización, expendio, exportación e importación de bebidas alcohólicas destinadas para consumo humano.

- **INVIMA**

En Colombia todas las bebidas alcohólicas que se suministren directamente al público y las a granel con o sin marca, deben contar con registro sanitario expedido por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos –Invima–, conforme a lo establecido en el Decreto 1686 de 2012.

De acuerdo con la autorización de comercialización el Invima autoriza a una persona natural o jurídica para fabricar, envasar o importar una bebida alcohólica para el consumo humano.

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

El tiempo de expedición de un registro sanitario para bebidas alcohólicas es de quince (15) días hábiles a partir de la fecha de radicación de los documentos si no es solicitado un requerimiento adicional. Las leyendas obligatorias para las etiquetas de bebidas alcohólicas de acuerdo con el Decreto 1686 de 2012 en el artículo 50, toda bebida alcohólica debe declarar las leyendas "Prohíbese el expendio de bebidas embriagantes a menores de edad" según la Ley 124 de 1994- artículo 1° y "El Exceso de Alcohol es Perjudicial para la Salud" según la Ley 30 de 1986- artículo 16.

Número	Título	Fecha	Estado
NTC 1740:2001	BEBIDAS ALCOHOLICAS. VINOS LICOROSOS O GENEROSOS.	2001	Vigente
NTC 4794:2020	Análisis sensorial de bebidas que contienen alcohol etílico	2020	Vigente
NTC 300:2021	Bebidas alcohólicas. Ginebra y ginebra compuesta o gin.	2021	Vigente
NTC 573:2013	AZUCAR. TERMINOLOGÍA.	2013	Vigente
NTC 410:1999	BEBIDAS ALCOHOLICAS. AGUARDIENTE DE CAÑA. CAÑA, CACHAZA O BRANQUIÑA.	1999	Vigente
ASTM E1879-20	Guía Estándar para la Evaluación Sensorial de Bebidas Conteniendo Alcohol y desarrollada también por el subcomité E18.06	2017	Vigente
NTC 4676:2019	BEBIDAS ALCOHÓLICAS. ROTULADO	2019	Vigente
Decreto 1686 de 2012	INVIMA Por el cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir para la fabricación, elaboración, hidratación, envase, almacenamiento, distribución, transporte, comercialización, expendio, exportación e importación de bebidas alcohólicas destinadas para consumo humano.	2012	Vigente
NTC 222:1996	BEBIDAS ALCOHOLICAS. DEFINICIONES GENERALES	1996	Vigente

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

<b>NTC 5113:2018</b>	DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ESPIRITUOSAS, que establece los métodos para determinar el contenido de alcohol etílico en las bebidas alcohólicas	2018	Vigente
<b>Decreto 2269</b>	Por el cual se organiza el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología.	1993	Vigente
<b>Resolución 2674</b>	Establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y lo jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública, con el fin de proteger la vida y la salud de las personas.	2013	Vigente
<b>Ley 9ª de 1979</b>	Código sanitario nacional. ARTÍCULO 304 ARTÍCULO 417 ARTÍCULO 418 ARTÍCULO 419	1979	Vigente

Tabla 1. Normatividad vigente en Colombia

### 3.1.3. Recomendaciones ministerio de Salud

Las recomendaciones del Ministerio de Salud son (MinSalud, 2019):

- No compre licor en ventas ambulantes
- Revise bien la botella. Debe tener sellos y bandas de seguridad que no hayan sido manipulados. Las estampillas y tapa deben estar en buen estado. En caso de que el envase sea de cartón con cubierta interior en aluminio, se debe revisar que las pestañas estén bien pegadas.

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

- El registro sanitario no debe presentar enmendaduras, sobre escrituras o impresiones defectuosas. También debe tener el nombre y ubicación del fabricante y la graduación alcohólica.
- Sobre la etiqueta no debe haber rótulos superpuestos, con enmiendas o que sean ilegibles. Al pasar el dedo por ella, si esta destiñe, se borra o despega fácilmente, se debe rechazar el licor y denunciar el hecho ante el Invima, las Secretarías departamentales, distritales o municipales de Salud o las autoridades competentes.
- La tapa, la banda de seguridad no pueden estar en mal estado y el sistema de cierre deberá estar intacto, lo mismo que la etiqueta.
- El líquido no debe tener partículas en suspensión, sedimentos, estado del dosificador o presencia de objetos extraños.
- Desconfíe de un licor que le ofrezcan a un precio muy inferior al del mercado.
- Después de consumir el licor se debe destruir el envase, la tapa y el dosificador para evitar que lo reutilicen los ilegales.
- Si al ingerirlo presenta sintomatología como visión doble, dolor de cabeza y/o mareo, se debe evitar la automedicación. La recomendación es dirigirse de inmediato al médico y guardar el resto de licor que se consumió para su análisis.
- Está prohibida la venta o consumo de bebidas alcohólicas a menores de edad
- Ante cualquier hecho irregular en relación avise a las autoridades competentes.
- Sospeche de toxicidad con metanol cuando hay intoxicación con solventes como thinner u otros alcoholes desconocidos.

### **3.1.4. Afectaciones para la salud al ingerir licor adulterado**

El licor adulterado por ser una bebida no apta para el consumo humano, esta puede traer graves consecuencias para la salud e incluso la muerte, debido a que en la mayoría de los casos para la producción de licor adulterado se usa el metanol, compuesto químico también conocido como alcohol de madera o alcohol metílico que es incoloro, inflamable y tóxico, que se emplea como anticongelante, disolvente y combustible.

La clasificación anterior del licor adulterado con metanol ocasiona manifestaciones clínicas a las pocas horas de su consumo entre ellas están:

- Ceguera parcial y total
- Visión borrosa
- Presión arterial baja
- Mareos
- Dolores abdominales
- Calambres
- Alteraciones del comportamiento

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

- Debilidad
- Trastornos en el estado de consciencia
- Coma y Muerte

Ocasionando fallas en los órganos tales como cerebro, ojos, riñón, e hígado que puede llevar a la muerte como se ha presentado en diferentes casos en Colombia. (MinSalud, 2019)

Diferentes organizaciones criminales fabrican bebidas alcohólicas falsificadas con materias primas de baja calidad, insumos no aptos para el consumo, afectando principalmente la salud del consumidor, se puede identificar que ocasionan:

**Intoxicación por el alcohol etílico:** Los efectos tóxicos transposición alcohol de forma aguda son múltiples multisistémicos y asociados a gran número de factores los efectos más notables en la intoxicación aguda corresponden al efecto sobre el sistema nervioso central no colectiva. Inicialmente se presenta pérdida de la inhibición optimismo aumento en la sociabilidad aumento de la autoconfianza, compromete la atención y juicio por inhibición de la corteza cerebral.

El primer signo neurológico de importancia clínica que se puede evidenciar es el nistagmus (movimientos rápidos e involuntarios de los ojos) posrotacional el cual se va acentuando con el aumento de la impregnación tras el consumo del alcohol, encontrándose incluso de forma espontánea.

Se puede encontrar **enrojecimiento facial, hipotensión, hipotermia y diaforesis**, luego se evidencian alteraciones en la coordinación motora fina, con disimetría (discrepancia en la longitud de las extremidades). Posteriormente incapacidad de efectuar movimientos opuestos rápidos y alteraciones en la convergencia ocular; a medida que aumenta la cantidad de alcohol ingerido las manifestaciones se acentúan llegando incluso a presentar depresión respiratoria y afectando el estado conciencia hasta producir coma, se pueden presentar alteraciones en el ritmo cardiaco, arreflexia, náuseas, dolor abdominal, convulsiones, trastornos metabólicos y posible sangrado gastrointestinal

En contexto medico la **intoxicación crónica** se pueden encontrar compromisos de diferentes sistemas:

- En el sistema nervioso
  - o Atrofia cerebral
  - o Degeneración cerebelar
  - o Neuropatía sensorial
  - o Encefalopatía hepática
- En el sistema cardiovascular:
  - o Arritmias

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

- o Hipokalemia (Desequilibrio electrolítico)
- En el sistema gastrointestinal
  - o Pancreatitis aguda
  - o Sangrado digestivo
  - o Gastritis inducida por el alcohol
  - o Esofagitis
  - o Síndrome de Mallory-Weiss (desgarro esofágico)
  - o Duodenitis (Inflamación del duodeno)
- En el hígado
  - o Infiltración grasa
  - o Hepatitis alcohólica
  - o Cirrosis

El Instituto Nacional de Salud en el Protocolo de Vigilancia y control de Intoxicaciones por Metanol indica las siguientes manifestaciones clínicas:

El intervalo entre la ingesta y la aparición de las manifestaciones clínicas es variable (de pocos minutos hasta 72 horas). En la mayoría de los casos los síntomas iniciales (embriaguez, somnolencia y vértigo) se siguen de un periodo asintomático, especialmente si el metanol se ingiere mezclado con etanol. Concentraciones de etanol entre 100 y 150 mg/ml pueden retrasar la instauración de los síntomas hasta que se haya metabolizado una cantidad suficiente de etanol como para que el metanol empiece a transformarse en sus metabolitos tóxicos. Sin embargo, incluso si el metanol se consume solo, pueden transcurrir de 12 a 24 horas hasta que se produzcan concentraciones de metabolitos tóxicos en cantidad suficiente como para producir síntomas.

Para una mejor comprensión en la evolución del cuadro clínico de la intoxicación por metanol, se han caracterizado dos periodos. Periodo de latencia: se presenta durante 8-24 horas (promedio de 12), pero puede prolongarse hasta 2 días después de la exposición. Los pacientes intoxicados no presentan sintomatología específica, frecuentemente se confunde y es poco diferenciable de la intoxicación etílica. El paciente presenta síntomas de embriaguez, percibidos como un “guayabo” más intenso de lo usual, presentando cefalea pulsátil, dolor abdominal, náuseas, vómito, incoordinación motora y depresión leve del sistema nervioso central. En este periodo generalmente no se presenta acidosis metabólica, ya que el metabolismo del metanol no es tan rápido. El periodo de latencia puede prolongarse cuando se ha ingerido etanol simultáneamente. Periodo de acidosis metabólica: se presenta aproximadamente de 12 a 30 horas después de la ingestión de alcohol metílico. Los pacientes presentan gran variedad de síntomas, entre los cuales se destacan cefalea, náuseas, vómito, dolor abdominal tipo cólico, mialgias y diarrea en menor proporción, además el paciente puede presentar dificultad respiratoria con taquipnea (respiración de Kussmaul), bradicardia

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

e hipotensión, alteraciones del sistema nervioso como parestias, debilidad muscular y convulsiones con mal pronóstico si estas se presentan. Durante esta etapa se ha metabolizado el metanol a formaldehído y ácido fórmico, presentándose acidosis metabólica grave y desarrollo de desórdenes visuales. Si el paciente no recibe tratamiento, el cuadro progresa y se presenta ceguera, colapso circulatorio, convulsiones, coma y muerte debido a falla respiratoria.

Las alteraciones visuales son el signo clínico más específico y está presente en la mayoría de pacientes, por tal motivo requiere una descripción más detallada. Se inicia generalmente seis horas después de la ingestión y puede presentarse hasta 48 horas después. Los pacientes refieren visión borrosa, fotofobia, fosfenos, escotomas, colores alrededor de los objetos y marcada disminución de la agudeza visual. El fondo de ojo muestra hiperemia del disco óptico, que es la anormalidad más común en la retinoscopia en estadios agudos y persiste durante dos a siete días. El edema peripapilar es frecuente pero su aparición es más lenta y persiste por más de ocho semanas. La atrofia óptica se puede desarrollar en uno a dos meses y por tal motivo el paciente puede perder la visión. La presencia de midriasis precoz no reactiva es un signo de mal pronóstico y significa pérdida irreparable de la función visual. (Grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental 2009).

### **Diagnóstico**

- Antecedente o sospecha de exposición a la sustancia
- Cuadro clínico compatible con la intoxicación aguda por metanol
- Presencia de alteraciones visuales.
- Aparición de acidosis metabólica.
- Anión Gap osmolar elevado ( $>10-12$  mOsm/kg H<sub>2</sub>O) La confirmación se obtiene mediante la determinación de niveles de metanol en sangre o niveles de formaldehído y ácido fórmico en orina/sangre
  - o Niveles séricos  $> 20$ mg/dl son tóxicos
  - o Niveles séricos  $> 40$  mg/dl son letales
  - o Niveles séricos bajos o ausentes de metanol no descartan la intoxicación

## **4. Marco de referencia**

### **4.1. Estado del arte**

Según la investigación realizada por Fedesarrollo en junio del 2012 con el objetivo de hacer el diagnóstico y estimación del tamaño del mercado de las bebidas alcohólicas adulteradas y falsificadas, hace un gran aporte indicando que el consumo de bebidas alcohólicas en el país



## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

tiene un tinte regional muy marcado. Por un lado, los hábitos de consumo difieren según la región: en la Cundiboyacense, el consumo de cerveza es mayor que en las otras regiones, mientras que en el Eje Cafetero el consumo de aguardiente es mayor; y en la Costa Atlántica el consumo de Whisky y Ron es más importante. (Chavarría, L 2016).

Entre 2003 y 2010, el total de las ventas de bebidas alcohólicas en Colombia mostró una variación porcentual de 20,6%, al alcanzar los 2.239 millones de unidades de 750cc en 2010. En relación a las ventas del sector, la cerveza es la bebida alcohólica con mayores ventas, por ejemplo, en 2010 fueron de 2.064 millones de unidades de 750cc, que representa el 92% del mercado de bebidas alcohólicas en este año. En cuanto a las ventas de aguardiente y ron (tanto importado como nacional), éstas representan en promedio el 3,6% y el 1,9% respectivamente de las ventas de bebidas alcohólicas incluyendo cerveza (Chavarría, L 2016).

Por lo anterior podemos evidenciar que a pesar de ser la cerveza el de mayor consumo entre las bebidas alcohólicas con alto porcentaje en ventas, son los licores tipo aguardiente, ron y whisky los que tienen el porcentaje más alto en la adulteración, aunque este último se registra en menor medida.

Esta investigación por Fedesarrollo y la Universidad de Antioquia, es preocupante porque uno de los sectores de mayor adulteración en el departamento de Antioquia en donde se llega a la conclusión que cerca del 50% de los licores que se comercializan en ese departamento es ilegal reflejándose allí adulteración y Contrabando otro fenómeno de gran daño económico al país. Es claro que, si bien hay diferencias conceptuales entre la falsificación y la adulteración de bebidas alcohólicas, en la práctica es posible encontrar casos en los que se incurre en ambos delitos.

La presencia del licor adulterado en los mercados colombianos está en auge, y aunque, por tratarse de un negocio ilegal hay un alto subregistro, las cifras de aprehensiones (la mercancía que se logra detectar y retener), dan la idea de la dimensión del problema.

Según estadísticas de la Federación Nacional de Departamentos (FND), mientras que el avalúo comercial del licor aprehendido por adulteración en el 2018 sumó 501'467.663 pesos, en el 2019 la cifra asciende a 729'240.457 pesos. Esto implica un incremento del 31,2 por ciento de un año a otro.

En Colombia existe un alto porcentaje (22.4%) de ventas ilegales en Colombia, entre los que se encuentran con mayor frecuencia aquellos que contienen alto contenido de Alcohol. Las bebidas destiladas son las que mayormente se adulteran, siendo las principales: el aguardiente, seguido por el whiskey y el ron. En años recientes, la adulteración de tequila también se ha detectado en diferentes operativos. Entre las marcas más comunes están el aguardiente Antioqueño y Néctar, el whiskey Old Parr y el tequila José Cuervo.

Entre los factores que se evidencian para adulterar estas bebidas se encuentran:

- Las materias primas como el etanol, botellas y etiquetas son de fácil acceso.

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

- No existe suficiente control por parte de las autoridades para evitar la adulteración en bares y estancos.

El bajo costo del producto final incentiva la compra por parte de diferentes actores de la cadena de distribución.

La industria 4.0 la podemos definir como una estrategia de la producción o fabricación basadas en las nuevas tecnologías de la información que conllevan a la digitalización, a interconexión y a la redefinición de los conceptos de optimización y seguimiento de procesos, organización y publicación de datos e intervención humana en los sistemas creados para operar autónomamente entre objetos inanimados.

El concepto de industria 4.0 nace en Alemania, como una estrategia del gobierno federal para el crecimiento productivo, con el fin de mantenerse a la vanguardia de la nueva era industrial basada en la tecnología y en las comunicaciones. Esto se dio en medio de **LA FERIA DE HANNOVER**, la más importante feria industrial alemana en la que se muestran sus más importantes avances tecnológicos y de desarrollo en los diferentes campos de producción y el diseño.

Al hablar de la industria 4.0 se aduce a la cuarta revolución digital, entendiéndose por las anteriores a la mecanización, la electrificación y las tecnologías de la información. Caracterizando esta cuarta revolución, podríamos decir que es la fusión entre lo físico, lo digital y lo biológico, teniendo en cuenta los avances médicos, químicos y bióticos que tanto los privados como estamentos gubernamentales han llevado a cabo en pro del mejoramiento de su calidad de vida.

### 4.2. Marco conceptual

**Alcohol ilegal / adulterado:** Son todas las bebidas alcohólicas, destiladas o fermentadas que están fuera de la legalidad por adulteración, contrabando de productos terminados o materia prima, fabricación artesanal ilegal, evasión de impuestos de la producción local o, porque es alcohol no apto para consumo humano desviado hacia el mercado de bebidas alcohólicas, para el desarrollo de este trabajo nos enfocaremos en el alcohol adulterado y el alcohol no apto para consumo humano y que está ocasionando graves afectaciones a la salud publica dejando a su paso daños en muchas ocasiones irreversibles (Chavarría, L 2016).

Podemos definir como componentes claves de la industria 4.0 los siguientes aspectos:

**Sistema Ciber físico:** Son todas aquellas maquinas autónomas, capaces de autogestionarse y comunicarse tanto con el ser humano como con otras máquinas mediante interfaces compartidas.

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

**El internet de las cosas:** Es la capacidad que está siendo insertada en los diferentes elementos de uso cotidiano e industrial, dotándolos de una interfaz capaz de comunicar sus requerimientos específicos tanto de operación técnica como de uso.

**El internet de los servicios:** Es la producción de servicios en línea mediante suscripciones y descargas digitales; todo esto auto gestionable y automática, dejando al humano solo con la responsabilidad del inicio del proceso, la supervisión no intrusiva y la recepción del beneficio como finalización del ejercicio.

**Fabricación inteligente:** Este fue quizás el principio del acuñamiento del término industrial 4.0 por parte del gobierno Alemán quien proponía el ensamble de la industria a parte de la homogenización de los procesos y la utilización de módulos de intercomunicación autónomos de equipos productivos que permitiría una generación efectiva en los diferentes procesos de producción llevados a cabo por maquinas independientes que podrían complementarse, reduciendo costos de producción y mejorando la rentabilidad. Teniendo estas características y las diferentes técnicas basadas en las capacidades tecnológicas descritas anteriormente este grupo de trabajo investigativo pretende incorporar algunas de estas herramientas en la creación e implementación de alternativas para identificar licor adulterado en **Bogotá**.

**Big data:** Es la acumulación y análisis de inmensas cantidades de información. En 2009 ocurrió un gran avance al crearse nuevos algoritmos para analizar datos no estructurados y sin forma. Ahora científicos de datos pueden analizar videos de YouTube, mensajes en redes sociales, el comportamiento de clics en la web, datos de rastreo de GPS, imagenología satelital, flujos de vídeo, video de vigilancia pública, cámaras de rastreo en tienda y más (McDaniel & Gates, 2016). Con big data, las empresas combinan en una base común los datos de diferentes fuentes de investigación. Esta base de datos podría contener información acerca de la demografía y estilos de vida de consumidores meta, combinada con datos acerca de sus compras en diferentes categorías de producto al paso del tiempo, sus hábitos de consumo de medios y su uso de cupones y otros dispositivos promocionales. Los datos que contiene estas bases pueden ser analizados con una técnica de búsqueda de patrones llamada minería de datos. Además, los investigadores pueden desarrollar modelos analíticos sofisticados que les permitan evaluar sus predicciones sobre la forma en que los consumidores responderán a las actividades de la mezcla de marketing (Hoyer, 2018).

**Machine learning:** El aprendizaje automático (más conocido por su denominación en inglés, machine learning, ML) es el conjunto de métodos y algoritmos que permiten a una máquina aprender de manera automática en base a experiencias pasadas (Roma et al., 2020). Según su tipología de tareas se pueden clasificar en:

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

- Clasificación (classification). Consiste en asignar instancias de un dominio dado, descritas por un conjunto de atributos discretos o de valor continuo, a un conjunto de clases, que pueden ser consideradas valores de un atributo discreto seleccionado, generalmente denominado clase.
- Regresión (regression). Consiste en asignar valores numéricos a instancias de un dominio dado, descritos por un conjunto de atributos discretos o de valor continuo, la regresión pretende devolver una aproximación.
- Agrupamiento (clustering). Consiste en dividir un conjunto de instancias de un dominio dado, descrito por un número de atributos discretos o de valor continuo, en un conjunto de grupos (clusters) basándose en la similitud entre las instancias, y crear un modelo que puede asignar nuevas instancias a uno de estos grupos o clusters. (Roma et al., 2020)

**Industria 4.0** significa la promesa de una nueva revolución industrial, una que cas técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías digitales inteligentes. Para crear una empresa digital que no solo estaría interconectada y sería autónoma, sino que podría comunicarse, analizar y usar datos para adoptar acciones más inteligentes en el mundo físico [...] Si bien sus raíces están en la fabricación, la industria 4.0 es más que producción. Las tecnologías inteligentes y conectadas pueden transformar la forma en que las piezas y los productos están diseñados, fabricados, utilizados y son mantenidos. También pueden transformar organizaciones a partir de dar sentido a la información y actuar sobre ella para lograr la excelencia operacional, mejorando continuamente la experiencia del consumidor. En resumen, I4.0 está marcando el comienzo de una realidad digital que puede alterar las reglas de producción, operaciones, mano de obra, incluso la propia sociedad (Zahera-Pérez, 2021, p. 18).

## **5. Hipótesis**

### **5.1. Hipótesis central**

#### **Alternativa 1. Mapa de calor**

El mapa de calor es una herramienta que permite minimizar el impacto y mitigar los daños asociados a todo tipo de riesgos, en nuestro caso de estudio se espera que esta herramienta permita identificar de manera más asertiva el licor adulterado y disminuir las enfermedades, muertes e inconvenientes que trae consigo ingerir licor adulterado. Es un mapa inmerso en la industria 4.0 porque optimiza la correcta evaluación de un sistema integral de riesgos. El mapa de calor se construye mediante una matriz con dos ejes (eje x, eje y); el eje y representa

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

la probabilidad de frecuencia del riesgo y el eje x representa el impacto del riesgo en la organización, las consecuencias pueden ser cuantitativos o cualitativos (Londoño, 2021).

### **5.2. Hipótesis auxiliar**

#### **Alternativa 2. Discriminación entre licores auténticos y adulterados por espectroscopia de infrarrojo cercano.**

Un método para identificar la autenticidad de los licores debe ser no invasivo, ni destructivo. El método se fundamenta bajo la combinación de la espectroscopia de infrarrojo con la quimiometría. Para calcular la eficiencia de este modelo se mide la presión, sensibilidad y especificidad para la evaluación de desempeño. Este método fue apoyado por la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China, los análisis y la implementación de este estudio concluyeron que: los resultados obtenidos para identificar las botellas de licores adulteradas a través de interacciones entre radiación electromagnética y la materia, para la posterior evaluación de los datos que esta relación nos arroja, estudiados desde la disciplina química (quimiometría) enfocada a valores matemáticos y estadísticos, nos arroja que es un alternativa viable, pero requiere de un mayor desarrollo y un mayor número de pruebas para que el método sea usada en cualquier tipo de bebida alcohólica y no en una en específico (Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Hui Chen).

#### **Alternativa 3. Sensor de fibra óptica que utiliza óxido de zinc para la detección de tequila adulterado con metanol.**

El desarrollo de un sensor de fibra óptica recubierto por nano barras de óxido de zinc, las cuales sintetizan por métodos ultrasónicos por medio de la detección de vapor. Los resultados de este estudio permiten ver las diferencias entre los vapores de metanol y tequila, es un método fácil y económico; identifica con claridad diferentes grados de adulteración, esta técnica puede utilizarse como control de calidad en los laboratorios para distinguir el grado de adulteración y contaminación del tequila o de otras bebidas de la industria gracias a la gran superficie de ZnO, la cual favorece la adsorción de vapores (Fiber optic sensor using ZnO for detection of adulterated tequila with methanol, Jorge Isaac Necochea-Chamorro).

## **6. Metodología**

### **6.1. Metodología cuantitativa**

El enfoque cuantitativo [...] es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, [...] se

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones (Hernández, 2014, p. 37). Es necesario comprender las técnicas cuantitativas como la varianza, covarianza, regresión lineal para aplicarlos en la presente investigación. A lo que se le llama estadística descriptiva, según (Martínez, 2018, p. 57) el modelo cuantitativo tiene un carácter nomotético, ya que su objetivo es llegar a formular leyes generales. Por lo general emplea estudios de muestreo probabilístico y aplicación de cuestionarios, lo que quiere decir que se enfoca en obtener datos que puedan ser medidos y abordados de forma estadística. En cambio, el modelo cualitativo es de tipo ideográfico y hace hincapié en lo particular e individual. Se orienta a encontrar cualidades específicas en aquello que se pretende comprender y se inscribe en la subjetividad.

### 6.2. Alternativa seleccionada: Mapa de calor

De acuerdo con el Decreto 3192 de 1983 las bebidas alcohólicas adulteradas (o alteradas) se definen como aquellas que han sufrido transformaciones totales o parciales en sus características fisicoquímicas, microbiológicas u organolépticas por causa de agentes físicos, químicos o biológicos; sus principales componentes han sido sustituidos total o parcialmente replazándolos o no, por otras sustancias; han sido adicionadas de sustancias no autorizadas; han sido sometidas a tratamientos que simulen, oculten o modifiquen sus características originales; y han sido adicionadas con sustancias extrañas a su composición.

Por su parte las bebidas alcohólicas falsificadas (o fraudulentas) tienen la apariencia y características generales de la oficialmente aprobada y no proceden de los verdaderos fabricantes; se designan o expiden con nombre o calificativo distinto al que les corresponde; se denominan como el producto oficialmente aprobado, sin serlo; su envase, empaque o rótulo contiene diseño o declaraciones, que puedan inducir a engaño respecto de su composición u origen; son elaboradas por un establecimiento, que no tiene licencia sanitaria de funcionamiento y/o no posee registro sanitario.

REGULADOR	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA/ESTANDARD	TOMADO DE
ACM	Código de Ética y Conducta Profesional ACM	<a href="https://www.acm.org/about-acm/code-of-ethics-in-spanish">https://www.acm.org/about-acm/code-of-ethics-in-spanish</a>
IEEE	Industry 4.0	<a href="https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/industry-4p0/">https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/industry-4p0/</a>
IEEE	Machine Learning Designs, Implementations and	<a href="https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/machine-">https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/machine-</a>

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

	Techniques.	learning-designs- implementations-and-techniques/
<b>IEEE</b>	Data-Enabled Intelligence for Digital Health.	<a href="https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/data-enabled-intelligence-for-digital-health/">https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/data-enabled-intelligence-for-digital-health/</a>
<b>IEEE</b>	Taken from AI and IoT Convergence for Smart Health.	<a href="https://ieeaccess.ieee.org/tag/big-data/">https://ieeaccess.ieee.org/tag/big-data/</a>
<b>IEEE</b>	Advanced Data Mining Methods for Social Computing	<a href="https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/advanced-data-mining-methods-for-social-computing/">https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/advanced-data-mining-methods-for-social-computing/</a>
<b>IEEE</b>	AI_Driven Big Data Processing: Methodology, and Applications.	<a href="https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/ai-driven-big-data-processing-theory-methodology-and-applications/">https://ieeaccess.ieee.org/closed-special-sections/ai-driven-big-data-processing-theory-methodology-and-applications/</a>

Tabla 2.Especificaciones de ingeniería

Safety Level	Name	Description
5	Adapting	Safety is a core value of the organization and a primary driver for successful enterprise.
4	Performing	Performance monitoring using metrics to drive continuous improvement.
3	Managing	Management system such as process safety management, lockout/tagout, etc.
2	Complying	Complying with rules and regulations.
1	Reacting	Reacting to incidents as they occur.
0	Neglecting	Maybe even disdain for safety

Tabla 3.Hierarchy of Safety Programs taken from <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071834087/toc-chapter/chapter23/section/section2>

Un procedimiento más reciente se llama **LOPA**, para análisis de capa de protección (AIChE / CCPS, análisis de capa de protección: simplificado Evaluación de riesgos de procesos, Instituto Americano de Ingenieros Químicos, 2001).

LOPA es un orden de magnitud cuantitativo método de análisis y evaluación de riesgos.

Los veinte elementos de la seguridad de procesos según (Green & Southard, 2019):

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

1. Cultura de seguridad de procesos
2. Cumplimiento de las normas
3. Competencia en seguridad de procesos
4. Participación de la fuerza laboral
5. Divulgación con las partes interesadas. Comprender los peligros y los riesgos
6. Gestión del conocimiento de los procesos
7. Identificación de peligros y análisis de riesgos. Gestionar el riesgo
8. Procedimientos operativos
9. Prácticas laborales seguras
10. Integridad y fiabilidad de los activos
11. Gestión de contratistas
12. Capacitación y garantía del desempeño
13. Gestión del cambio
14. Disponibilidad operacional
15. Realización de operaciones
16. Gestión de emergencias
17. Investigación de incidentes
18. Medición y métricas
19. Auditoría
20. Examen de la gestión y mejora continua.



**Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

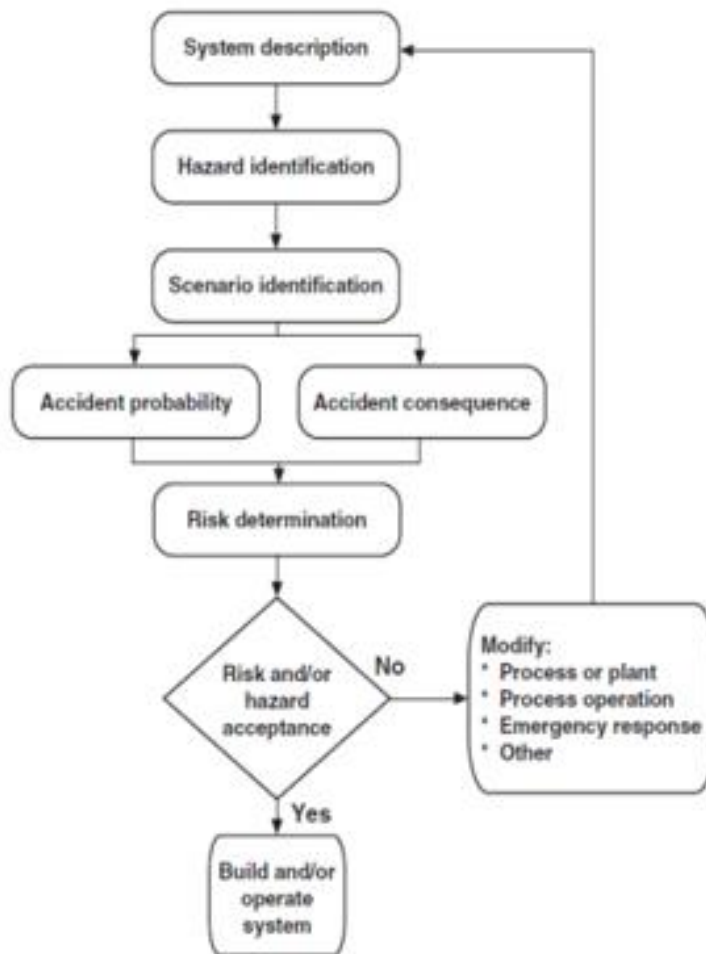


Figura 1. Proceso de evaluación AIChE tomado de <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071834087/toc-chapter/chapter23/section/section2>

<b>RESTRICCIÓN</b>	<b>COMENTARIO</b>
<b>COSTO</b>	Tiempo y recursos del hardware y software del grupo de trabajo y la Universidad
<b>CRONOGRAMAS</b>	El planeamiento debe ser estricto y real
<b>ESTÉTICA</b>	La presentación ligera y de fácil acceso a un dispositivo capaz de identificar un licor adulterado hace un poco demorada su elaboración
<b>ERGONOMÍA</b>	Las herramientas para cromatografía actuales son especializadas y de tamaño tipo industrial y se busca crear un elemento accesible y de fácil transportación y manejo fácil en las manos para los usuarios.
<b>ACCESIBILIDAD</b>	La identificación y la separación de los alcoholes (Etanol, Metanol y otras sustancias) es necesario

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

	hacerlas por las características químicas de los elementos, lo que es poco accesible estas herramientas de identificación.
<b>INTEROPERABILIDAD</b>	La poca información respecto a elementos similares restringe el conocimiento e intercambio de información
<b>MANUFACTURA</b>	Debe ser rentable a largo plazo donde se pueda recuperar el ROI con los tiempos establecidos en el Business Plan.
<b>FUNCIONALIDAD</b>	PMV Producto mínimo viable para mejorar las versiones con el Feedback y testeos fr los clientes para mejorar el producto.
<b>SOSTENIBILIDAD</b>	El producto debe generar una utilidad que permita seguir con la investigación, con el fin de continuar el estudio y aumentar las variables a analizar.
<b>COMERCIALIZACIÓN</b>	Plan piloto para probar y testear. Ventas por Internet on demand
<b>ASPECTOS LEGALES</b>	Los regulados por el ministerio de salud
<b>ASPECTOS SOCIALES</b>	Cultura ciudadana, capacitación y reconocimiento de la marca
<b>ASPECTOS POLÍTICOS</b>	Recuperación de ingresos por impuestos al aguardiente
<b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>	Calidad de la bebida y seguridad ambiental y de salud del consumidor

Tabla 4. Análisis de restricciones

## 7. Desarrollo

La alternativa seleccionada es el mapa de calor, la construcción se hará mediante un código que se explicará de manera detallada a continuación, esta herramienta tiene como objetivo brindar un acceso fácil, a la mano, tanto para consumidores finales como todos los agentes implicados en la cadena de fabricación, abastecimiento y venta de licor, especialmente el aguardiente. Su funcionamiento esperado es la identificación de alteraciones en los componentes químicos del licor, cual perturbación será reflejada en el mapa de calor; el valor humano de este proyecto es mitigar los riesgos que se derivan de la ingesta de licor adulterado, mitigar el contrabando a través de la captación de mercancía ilegal y generar una herramienta al alcance de cualquier tipo de persona de la sociedad colombiana, el plan piloto se prevé en la ciudad de Bogotá.

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

### 7.1. Parámetros de construcción del código

Para realizar el código se importaron dos librerías de visualización *matplotlib.image* y *matplotlib.pyplot* ; el interés del mapa de calor se enfocó en tener en cuenta los tipos de alcohol que se utilizan para identificar los licores adulterados, en este caso, los alcoholes que más se adulteran son el alcohol etílico y metílico. Generalmente, las personas para poder adulterar un licor utilizan el metanol por ser más económico, también llamado “alcohol madera”.

Se descarga una biblioteca de trazado 2D de Python: *matplotlib*, esta función produce figuras de calidad de publicación en una variedad de formatos impresos y entornos interactivos, puede generar gráficos, histogramas, espectros de potencia, gráficos de barras, gráficos de error, gráficos de dispersión, etc., con solo unas pocas líneas de código (Programación en Castellano, 2021) .

Luego de importar las bibliotecas, se importa la imagen de nuestro caso particular de estudio es el aguardiente; de manera posterior se imprime y se muestra en la pantalla de la siguiente manera:

```
import matplotlib.image as mpimg
import matplotlib.pyplot as plt
img = mpimg.imread('aguardienteCristalL.JPG')
#print(type(img))
#print(img.shape)
plt.imshow(img)
<matplotlib.image.AxesImage at 0x7fbcef51b8d0>
```



Figura 2. Aguardiente cristal, resultado del código anteriormente descrito.

Tabla de las variables del aguardiente

---

[ ]

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

```
import pandas as pd  
pd.read_excel('variables.xlsx')
```



	Tipo alcohol	Temp ebullición	Grados de alcohol	densidad
0	Etanol	$\geq 79$	$24 < GA < 29$	789 Kg/m <sup>3</sup>
1	Metanol	$\leq 65$	$24 < GA < 29$	792 Kg/m <sup>3</sup>

Tabla 5. Variables del aguardiente

Según la tabla 5 se definen las variables a analizar, en este caso son el etanol y metanol, se adjuntan hojas de seguridad de cada uno de los componentes:

### HOJA DE SEGURIDAD XII ETANOL

**FORMULA:** C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH.

**PESO MOLECULAR:** 46.07 g/mol.

**COMPOSICION:** C: 52.24 %; H: 13.13 % y O: 34.73 %.

#### GENERALIDADES:

El etanol es un líquido incoloro, volátil, con un olor característico y sabor picante. También se conoce como alcohol etílico. Sus vapores son más pesados que el aire.

Se obtiene, principalmente, al tratar etileno con ácido sulfúrico concentrado y posterior hidrólisis. Algunas alternativas de síntesis son: hidratación directa de etileno en presencia de ácido fosfórico a temperaturas y presiones altas y por el método Fischer-Tropsch, el cual consiste en la hidrogenación catalítica de monóxido de carbono, también a temperaturas y presiones altas. De manera natural, se obtiene a través de fermentación, por medio de levaduras a partir de frutas, caña de azúcar, maíz, cebada, sorgo, papas y arroz entre otros, generando las variadas bebidas alcohólicas que existen en el mundo. Después de la fermentación puede llevarse a cabo una destilación para obtener un producto con una mayor cantidad de alcohol ("HOJA DE SEGURIDAD XII ETANOL", 2021).

El etanol se utiliza industrialmente para la obtención de acetaldehído, vinagre, butadieno, cloruro de etilo y nitrocelulosa, entre otros. Es muy utilizado como disolvente en síntesis de fármacos, plásticos, lacas, perfumes, cosméticos, etc. También se utiliza en mezclas

## **Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.**

anticongelantes, como combustible, como antiséptico en cirugía, como materia prima en síntesis y en la preservación de especímenes fisiológicos y patológicos ("HOJA DE SEGURIDAD XII ETANOL", 2021).

El llamado alcohol desnaturalizado consiste en etanol al que se le agregan sustancias como metanol, isopropanol o, incluso, piridinas y benceno. Estos compuestos desnaturalizantes son altamente tóxicos por lo que, este tipo de etanol no debe de ingerirse ("HOJA DE SEGURIDAD XII ETANOL", 2021).

### **PROPIEDADES FISICAS Y TERMODINAMICAS:**

- Punto de ebullición: 78.3 °C.
- Punto de fusión: -130 °C.
- Índice de refracción (a 20 °C):1.361
- Densidad: 0.7893 a 20 °C.
- Presión de vapor: 59 mm de Hg a 20 °C.
- Densidad de vapor: 1.59 g /ml

### **HOJA DE SEGURIDAD IX METANOL**

**FORMULA:** CH<sub>4</sub>O, CH<sub>3</sub>OH

**PESO MOLECULAR:** 32.04 g/mol

**COMPOSICION:** C: 37.48 %, H: 12.58 % y O: 49.93 %

### **GENERALIDADES:**

Es un líquido incoloro, venenoso, con olor a etanol y cuando está puro puede tener un olor repulsivo. Arde con flama no luminosa. Es utilizado industrialmente como disolvente y como materia prima en la obtención de formaldehído, metil-ter-butyl éter, ésteres metílicos de ácidos orgánicos e inorgánicos. También es utilizado como anticongelante en radiadores automovilísticos; en gasolinas y diesel; en la extracción de aceites de animales y vegetales y agua de combustibles de automóviles y aviones; en la desnaturalización de etanol; como agente suavizante de plásticos de piroxilina y otros polímeros y como disolvente en la síntesis de fármacos, pinturas y plásticos ("HOJA DE SEGURIDAD IX METANOL", 2021) .

Durante mucho tiempo se obtuvo por destilación destructiva de madera a altas temperaturas, en la actualidad se produce por hidrogenación catalítica de monóxido de carbono a presiones y temperaturas altas, con catalizadores de cobre-óxido de cinc; por oxidación de hidrocarburos y como subproducto en la síntesis de Fischer-Tropsch ("HOJA DE SEGURIDAD IX METANOL", 2021).

### **PROPIEDADES FISICAS Y TERMODINAMICAS:**

- Densidad (g/ml): 0.81 g/ml (0/4 oC), 0.7960 (15/4 oC), 0.7915 (20/4oC), 0.7866 (25/4oC)

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

- Punto de fusión: -97.8 oC
- Punto de ebullición (oC): 64.7 (760 mm de Hg), 34.8 (400 mm de Hg), 34.8 (200 mm de Hg), 21.2 (100 mm de Hg), 12.2 (60 mm de Hg), 5 (40 mm de Hg), -6 (20 mm de Hg), -16.2 (10 mm de Hg), - 25.3 (5 mm de Hg), -44 (1 mm de Hg)

```
%matplotlib inline
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from ipywidgets import interactive
import seaborn as sb
sb.set_theme(style="darkgrid")

x = np.linspace (0,10,100)
y = np.linspace (0,10,100)

x,y = np.meshgrid(x,y)
def f(A,B,Ebullicion,GA,Densidad):
    return A*np.sin(Ebullicion*np.sqrt(GA**2+B**2*Densidad))
def plotting (Ebullicion=1,GA=1, Densidad=1):
    z = f(x,y,Ebullicion,GA,Densidad)
    ax = sb.heatmap(z,xticklabels = 100,yticklabels = 200, cmap = 'rainbow', vmin = 0,vmax = 5)
    plt.title("Licor Adulterado")
    ax.invert_yaxis()
interactive_plot = interactive(plotting,Ebullicion=(65,79,7), GA=(24,29,1), Densidad=(789,792,3))
interactive_plot
#label_dist = pd.Series(plotting, name = 'variable x')
#sb.distplot(label_dist)
```

Para la construcción de este código fue necesario agrupar las variables Ebullición, Grados de alcohol y densidad.

### 7.2. Parámetros de comparación teórica

El aguardiente es una bebida alcohólica obtenida de la destilación del mosto fermentado de las melazas de la caña. En su proceso de fermentación se generan alcoholes de diferentes longitudes, siendo los de mayor concentración el etanol y metanol. **Aguardiente (100 ml tienen 30-35 ml de etanol puro)**, las concentraciones elevadas de estos alcoholes **(400mg/100ml a 100° P de bebida)** y del metanol **(30mg/100ml a 100° P de bebida)** han demostrado ser dañinos para la salud, provocando daños al sistema nervioso central que se reflejan en pérdida de visión y en dolores de cabeza constantes, provocados por excesivo consumo ("Caracterización química de tres marcas comerciales de aguardiente en Honduras

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

(Tatascán, Yuscarán y Ron Plata)", 2021).

### 8. Propuesta final

```
import matplotlib.image as mpimg
import matplotlib.pyplot as plt
img = mpimg.imread('aguardienteCristalL.JPG')
#print(type(img))
#print(img.shape)
plt.imshow(img)
```

<matplotlib.image.AxesImage at 0x7fbcef51b8d0>



Tabla de las variables del aguardiente

```
[ ]
import pandas as pd
pd.read_excel('variables.xlsx')

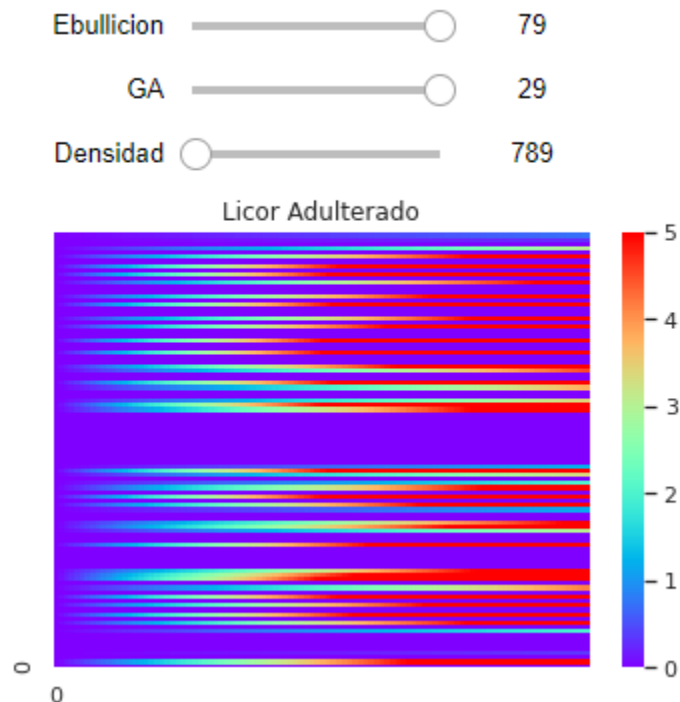
%matplotlib inline
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

```
from ipywidgets import interactive
import seaborn as sb
sb.set_theme(style="darkgrid")

x = np.linspace (0,10,100)
y = np.linspace (0,10,100)

x,y = np.meshgrid(x,y)
def f(A,B,Ebullicion,GA,Densidad):
    return A*np.sin(Ebullicion*np.sqrt(GA**2+B**2*Densidad))
def plotting (Ebullicion=1,GA=1, Densidad=1):
    z = f(x,y,Ebullicion,GA,Densidad)
    ax = sb.heatmap(z,xticklabels = 100,yticklabels = 200, cmap = 'rainbow', vmin = 0,vmax = 5)
    plt.title("Licor Adulterado")
    ax.invert_yaxis()
interactive_plot = interactive(plotting,Ebullicion=(65,79,7), GA=(24,29,1), Densidad=(789,792,3))
interactive_plot
#label_dist = pd.Series(plotting, name = 'variable x')
#sb.distplot(label_dist)
```



```
#plt.savefig('AguardienteAdulterado.jpg')
#img2 = mpimg.imread('aguardienteOriginal.jpg')
```



## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

```
#label_dist = pd.Series(plotting, name = 'variable x')
#sb.distplot(label_dist)
```

<i>TIPO</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>COSTO UNIDAD</i>	<i>COSTO TOTAL</i>
<i>Hardware</i>	Laptop	4	\$3 millones	\$ 12 millones
<i>Software</i>	Ms Office	4	\$500 mil	\$ 2 millones
<i>Software</i>	Minitab	4	\$30 mil	\$120 mil
<i>Software</i>	Tableau	4	\$245 mil	\$980 mil
<i>Hardware</i>	Internet	4	\$90 mil	\$360 mil
<i>Trabajo</i>	Tiempo	400 horas	4 personas	En negociación
<i>Asesoría</i>	Tiempo	20 horas	1 persona	By U. EAN
<i>Biblioteca</i>	Bases de datos	Todas	4 personas	By U: EAN
			<b><i>TOTAL</i></b>	<b><i>≈ 20 millones</i></b>

Tabla 6.Presupuesto alternativa seleccionada

## 9. Conclusiones

- El mapa de calor interactivo permite la manipulación y análisis de los datos, para el usuario final se genera mayor facilidad de interpretación de datos a través de una gráfica.
- Permite la identificación de anomalías en la composición de la bebida alcohólica para mitigar los riesgos de consumo y aumentar la captación de bebidas adulteradas.
- Sirve como base para futuras investigaciones enfocadas en la industria 4.0 y machine learning, implementación en software más sofisticados y elaborados.

## Referencias

- [1] Chavarría, L (Noviembre 2016) MERCADO DE BEBIDAS ALCOHOLICAS ILEGALES EN SEIS PAISES DE LATINOAMERICA 2015 Colombia, Ecuador, El Salvador, Honduras, Panamá y Perú: Illegal Alcohol in Latin America\_Full Report 12.20 SP.pdf (euromonitor.com)
- [2] Chen, H., Tan, C., Wu, T., Wang, L., & Zhu, W. (2014). Discrimination between authentic and adulterated liquors by near-infrared spectroscopy and ensemble classification. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 130, 245–249. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.03.091>
- [3] Cubillos, G. I. Wist. J. (n.d.). Acuerdo para el trabajo en el Laboratorio.
- [4] Chen Hui, Discrimination between authentic and adulterated liquors by near-infrared spectroscopy and ensemble classification, *Spectrochemical Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Volume 130, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386142514005022>
- [5] Ecured. (n.d.). *Espectrofotometría - EcuRed*. Retrieved March 9, 2021, from <https://www.ecured.cu/Espectrofotometría>
- [6] Fiber optic sensor using ZnO for detection of adulterated tequila with methanol, Jorge Isaac Necochea-Chamorro from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1068520019302226>
- [7] Gil, R. J. M., & Chávez, L. R. A. (2019). *Determinación de metanol en bebida alcohólicas que se comercializan en el Distrito de Cajamarca* [Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/1031/FYB-022-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] Giraldo, M. (2018). *Aprenda a identificar el licor adulterado* | *Bogota.gov.co*. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/salud/aprenda-identificar-el-licor-adulterado>
- [9] Green, D., & Southard, M. (2019). 23.1. Introduction to process safety. In *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (9th ed., p. 4). McGraw-Hill Educación. <https://www-accessengineeringlibrary->

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9780071834087/toc-chapter/chapter23/section/section2

[10] Han, J., Li, Z., Shi, P., Li, F., Duan, Y., & Han, T. (2017). A chemosensor for fingerprinting liquors: Implication for differentiation and identification. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 248, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.03.141>

[11] Hoyer, W. (2018). Comportamiento del consumidor. In *Cengage* (7th ed., p. 32). Cengage. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=7493>

[12] Li, Z., & Suslick, K. S. (2018). A Hand-Held Optoelectronic Nose for the Identification of Liquors. *ACS Sensors*, 3(1), 121–127. <https://doi.org/10.1021/acssensors.7b00709>

[13] Londoño, I. (2021). Mapa de calor: una herramienta para optimizar la gestión de riesgos. Retrieved 26 April 2021, from <https://www.piranirisk.com/es/blog/mapa-de-calor-una-herramienta-para-optimizar-la-gestion-de-riesgos>

[14] Mamani, K. R. C. (2020). *UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-*

[15] MinSalud. (2019). *Minsalud entrega recomendaciones para evitar intoxicación por alcohol adulterado*. Boletín de Prensa #192. <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-entrega-recomendaciones-para-evitar-intoxicación-por-alcohol-adulterado.aspx>

[16] TACNA [Tacna - Perú]. [http://redi.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4023/1788\\_2020\\_mamani\\_chura\\_kr\\_facso\\_farmacia\\_bioquimica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://redi.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4023/1788_2020_mamani_chura_kr_facso_farmacia_bioquimica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[17] McDaniel, C., & Gates, R. (2016). Investigación de mercados. In *Cengage* (10th ed., p. 16). Cengage Learning Editores S.A de C.V. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=2757>

[18] Necochea-Chamorro, J. I., Carrillo-Torres, R. C., Sánchez-Zeferino, R., & Álvarez-Ramos, M. E. (2019). Fiber optic sensor using ZnO for detection of adulterated tequila with methanol. *Optical Fiber Technology*, 52, 101982. <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2019.101982>

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

[19] Ouyang, Y., Li, C., Zhou, Y., & Zhou, Z. (2013). Rapid analysis of adulterated Chinese liquor by extractive electrospray ionization mass spectrometry. *Acta Chimica Sinica*, 71(12), 1625–1632. <https://doi.org/10.6023/A13070738>

[20] Programacion en Castellano, S. (2021). Introducción a la librería Matplotlib de Python. Retrieved 25 May 2021, from [https://programacion.net/articulo/introduccion\\_a\\_la\\_libreria\\_matplotlib\\_de\\_python\\_1599](https://programacion.net/articulo/introduccion_a_la_libreria_matplotlib_de_python_1599)

[21] Peng, Q., Tian, R., Chen, F., Li, B., & Gao, H. (2015). Discrimination of producing area of Chinese Tongshan kaoliang spirit using electronic nose sensing characteristics combined with the chemometrics methods. *Food Chemistry*, 178, 301–305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.023>

[22] Polo, L. M. D. (2015). *Fundamentos de cromatografía*. Dextra editorial. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/en/ereader/bibliotecaeaan/131492>

[23] Redacción El Tiempo, (23 de diciembre 2019) Cuidado con el licor adulterado, las cifras en 2019 van al alza: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/fiestas-de-fin-de-ano-cuidado-con-el-licor-adulterado-las-cifras-en-2019-van-al-alza-446394#:~:text=23%20de%20diciembre%202019%20%2C%2009%3A07%20p.%20m.&text=Seg%3%BA%20estad%3%ADsticas%20de%20la%20Federaci%3%B3n,asciende%20a%20729'240.457%20pesos.>

[24] Roma, J. C., Bosch, A. R., & Lozano, T. B. (2020). Deep learning: principios y fundamentos. In *Editorial UOC* (p. 259). Editorial UOC.

[25] Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M. & Wahlster, W. (eds.). (2017). Industry 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies. Acatech STUDIE. Utz, Herbert, München.

[26] Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo. 2021. *La estrategia contra el alcohol adulterado*. [online] Available at: <https://www.semana.com/pais/articulo/licor-adulterado/189658/>

[27] Sukhodolov, Y. A. (2019). The Notion, essence and peculiarities of Industry 4.0 as a sphere of industry. In: Popkova, E. G. et al. (2019). *Industry 4.0: industrial revolution of the 21st century*. Warsaw, Poland: Springer

## Evaluación de alternativas para la identificación de licor adulterado aplicando conceptos de industria 4.0 en Bogotá.

[28] Tiempo, R. el. (2019). *Fiestas de fin de año: cuidado con el licor adulterado, las cifras en 2019 van al alza - Sectores - Economía - ELTIEMPO.COM.* <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/fiestas-de-fin-de-ano-cuidado-con-el-licor-adulterado-las-cifras-en-2019-van-al-alza-446394>

[29] Trujillo, C.A.; Sánchez R., J.E. (2007). *Técnicas y medidas básicas en el Laboratorio de Química.* Universidad Nacional de Colombia

[30] Wu, S., Wu, X., Nie, G., Shi, L., Hu, S., Hu, J., Zhan, S., Cheng, S., Zhang, Y., Wu, Q., & Liu, Y. (2019). Au/NaGdF<sub>4</sub>: Yb<sup>3+</sup>, Er<sup>3+</sup> hybrid fluorescent system for rapid detection of ethanol. *Materials Research Bulletin*, 109, 155–159. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2018.09.036>

[31] Zapata, J.G. Sabogal, Adriana (Junio 2012). *Una Estimación de la Adulteración y la Falsificación de Bebidas Alcohólicas en Colombia, Informe Final, Fedesarrollo.* Bogota: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/2908>

[32] Zhong, J., Chen, J., Yao, L., & Pan, T. (2018). Discriminant Analysis of Liquor Brands Based on Moving-Window Waveband Screening Using Near-Infrared Spectroscopy. *American Journal of Analytical Chemistry*, 09(03), 124–133. <https://doi.org/10.4236/ajac.2018.93011>

[33] HOJA DE SEGURIDAD XII ETANOL. (2021). Retrieved 25 May 2021, from <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/12etanol.pdf>

[34] HOJA DE SEGURIDAD IX METANOL. (2021). Retrieved 25 May 2021, from <https://quimica.unam.mx/wp-content/upload>

[35] *Caracterización química de tres marcas comerciales de aguardiente en Honduras (Tatascán, Yuscarán y Ron Plata).* (2021). Retrieved 25 May 2021, from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1067/1/AGI-2006-T007.pdf>