



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Certificación de seguridad de
refrigeradores comerciales bajo la
norma UL 471**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Inaeniero Eléctrico- Electrónico

P R E S E N T A

Abel Paz Zavala

ASESOR DE INFORME

M. en C. Edgar Baldemar Aguado Cruz



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

Índice

1. Agradecimientos	2
2. Introducción y objetivo	3
3. Marco teórico	5
4. Problemática	8
5. Contexto de la participación profesional	9
6. Metodología utilizada	10
7. Participación profesional	22
8. Conclusiones	23
9. Bibliografía	24

1. Agradecimientos

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por darme la oportunidad de formarme en sus instalaciones y ofrecerme apoyos necesarios para la culminación de mis estudios.

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Por haberme formado rodeado de un gran número de profesores del más alto nivel nacional.

Al M. en C. Edgar Baldemar Aguado Cruz

Por su dedicación y apoyo para la realización de este informe.

A los miembros del jurado

Por sus consejos y el tiempo dedicado a este informe.

A mis padres

Por su amor y todos los momentos en los que han ayudado a mi formación intelectual y emocional.

A todos los compañeros, maestros y personas que conocí lo largo de mi vida universitaria, que marcaron con su presencia parte de mi vida.

Muchas gracias

2. Introducción y objetivo

En el presente informe se presentará, principalmente, la metodología utilizada en una empresa de clase mundial para el proceso de certificación de seguridad de refrigeradores comerciales que, aunque el catálogo de certificaciones que la empresa puede ofrecer es inmenso, por cuestiones de gran la cantidad de información, este informe solo se limitará a esta categoría de productos.

El objetivo de este trabajo es mostrar al lector los diversos métodos de prueba que el ingeniero de certificación debe realizar para mostrar la conformidad de estos dispositivos, haciendo énfasis en el expertís que debe tener la persona en conocimientos de ingeniería para poder llevar los análisis con un buen juicio y pudiendo resaltar los elementos que sean más importantes en cuestiones de seguridad.

Descripción de la empresa

Laboro en una empresa dedicada al desarrollo y testificación de normas de seguridad, sanidad y eficiencia energética a nivel mundial, atendiendo las necesidades de normatividad de cada país y normatividades creadas por el mismo organismo, dichas normatividades atienden 4 grande riesgos:

- Riesgo de choque eléctrico
- Riesgo de daño mecánico
- Riesgo de incendio
- Riesgo de quemadura

La misión de la empresa es la siguiente:

- Promover un ambiente de vida y trabajo seguro para la gente con la aplicación de la ciencia de la seguridad y peligro basándose en ingeniería de seguridad.
- Apoyar a la producción y uso de productos física y ambientalmente seguros y aplicar nuestros esfuerzos para prevenir o reducir pérdidas de vidas o bienes.
- Mejorar la ciencia de la seguridad a través de la investigación.
- Concentrar nuestros esfuerzos y recursos en seguridad publica en lugares en donde podemos realizar grandes contribuciones.
- Trabajar con integridad y enfoque en calidad para mejorar la confiabilidad de la marca.
- Cobrar precios justos que nos permitan cumplir nuestras obligaciones, continuar nuestro crecimiento, invertir en ciencia de seguridad y educación.

- Invertir en nuestra gente y motivarlos para invertir en sí mismos.
- Ser un buen ejemplo de empresa ciudadana y socialmente responsable.

Mi puesto en esta empresa es de “Engineer” en el área “Commercial and Industrial” y el grupo de “Heating, Air Conditioning and Refrigeration Equipment”, especialmente para la categoría de Controles de electrodomésticos y Refrigeración comercial y doméstica. Las funciones de mi rol son:

- Determinar los alcances de los proyectos que administre, desarrollar planes de investigación y especificaciones de costos, tiempos, requerimientos de muestras e información necesaria que deberá pedirse al cliente.
- Comunicación con el cliente para promover y explicar el catálogo de servicios que puedo ofrecer y supervisar el desarrollo de los productos de las empresas que maneje, explicar al cliente los procedimientos de la empresa y negociar con ellos temas como tiempos de entrega y precios que favorezcan a la compañía.
- Establezco planes de prueba apropiados con base a análisis de información técnica de productos y examinación de muestras.
- Coordino laboratorios de pruebas y preparo paquetes informativos para los técnicos de laboratorio en caso de usar laboratorios de la empresa, si el cliente está en un programa de pruebas especiales avalado por la empresa, puedo ya sea supervisar que se hagan las pruebas correctamente en laboratorios del cliente o auditar sus laboratorios para darles el aval para que puedan correr sus propias pruebas sin supervisión.
- Desarrollo reportes de construcción y resultados de pruebas.
- Mantengo constantes conferencias y entrenamientos con expertos en las categorías en las que trabajo.

3. Marco teórico

Refrigeración:

El objetivo de un sistema de refrigeración es enfriar artículos o sustancias y mantenerlas a una temperatura más baja que la temperatura ambiente. La refrigeración puede definirse como el proceso para remover calor.

El ciclo de refrigeración básico para cualquier refrigerador comercial o doméstico consta de cuatro elementos:

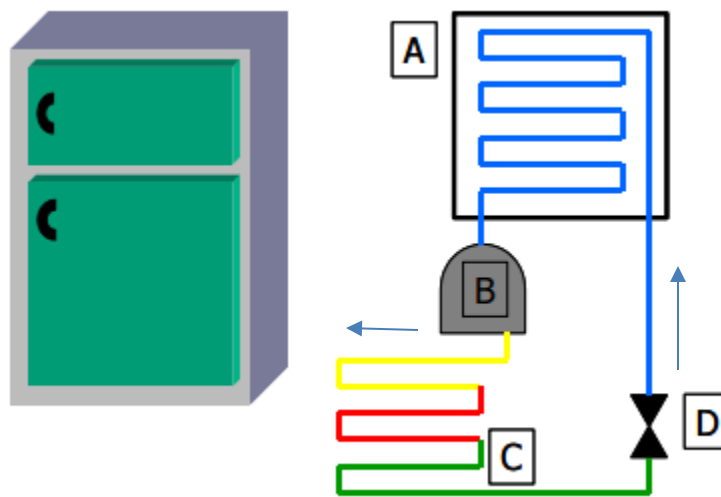


Figura 1.- Ciclo de refrigeración

- A. Evaporador.
- B. Compresor.
- C. Condensador.
- D. Válvula de expansión.

Evaporador:

Es la parte del refrigerador encargada de extraer el calor del medio a refrigerar por medio de la evaporación del refrigerante. En el evaporador se recibe refrigerante a baja presión y baja temperatura y lo entrega a baja presión y alta temperatura hacia el compresor.



Figura 2.- Evaporador

Compresor:

En esta etapa se incrementa la presión del refrigerante en forma gaseosa, el compresor entrega el refrigerante a alta presión y alta temperatura para que lo reciba el condensador, físicamente el compresor es un motor encapsulado.



Figura 3.- Compresor

Condensador:

El objetivo del condensador es liberar el calor que ha sido absorbido en el evaporador hacia el medio ambiente o a medios de enfriamiento (ventiladores, recipientes de agua, etc.), dentro del condensador, el condensador entrega refrigerante a presión alta y media temperatura hacia la válvula de expansión.



Figura 4.- Condensador

Válvula de expansión:

Su función es realizar la expansión del refrigerante, lo logra disminuyendo la presión en este para permitir su paso de estado líquido a gaseoso, a la salida de la válvula de expansión, el refrigerante se encuentra a baja presión y baja temperatura para entrar al evaporador y continuar con el ciclo de refrigeración.



Figura 5.- Válvula de expansión

En el ambiente industrial, se le conoce a la parte del sistema que está bajo la presión del condensador lado de alta presión y a la parte del sistema que está bajo la presión del evaporador lado de baja presión.

Refrigerante:

Un refrigerante es un producto químico líquido o gaseoso que se utiliza para servir de transmisor de calor en el sistema de refrigeración, sus características principales son las siguientes:

- Punto de congelación inferior a cualquier temperatura existente en el sistema, para evitar congelaciones en el evaporador.
- Valor alto de calor específico para que una pequeña cantidad de refrigerante absorba una gran cantidad de calor.

Los tipos más utilizados en la construcción de los refrigeradores comerciales son los refrigerantes basados en hidrocarburos, Clorofluorocarbonos (altamente contaminantes) y recientemente los refrigerantes explosivos.

4. Problemática

En estos tiempos, la creciente competencia entre marcas y productos, ya sea en el campo de la refrigeración como en todos los demás campos de la economía, obligan a los productores a ofrecer un plus a sus productos, a mostrar cómo estos se diferencian de los competidores en el mercado. Aislado el tema al contexto de este reporte, en la sociedad mexicana no se tiene una conciencia ni una búsqueda exhaustiva por la seguridad en los productos que introducimos en nuestras casas, es por eso que normatividades locales (NOM, NMX) son muy laxas en sus requerimientos y dejan pasar por alto muchos riesgos que podrían poner en peligro a los miembros de la familia.

Esta situación no ocurre en la sociedad norteamericana para la cual trabajo, en los Estados Unidos de Norte América son los propios consumidores los que exigen que los productores sean reconocidos por organismos certificadores en cuestiones de seguridad, sanidad y eficiencia energética. En esa sociedad simplemente, si no se tiene un organismo certificador reconocido que avale la seguridad del producto este no se compra y la empresa se va a bancarrota, es por ello que en el ámbito de normalización norteamericana, los estándares de calidad son muy estrictos, exigiendo que las normas aplicables a cada producto atiendan hasta los detalles más mínimos de construcción y exigen que los ingenieros encargados de comprobar la conformidad de dichas normas tengan un conocimiento técnico muy amplio, competencias técnicas comprobables y un buen juicio ingenieril para poder detectar cualquier anomalía rápidamente.

En este reporte se habla a grandes rasgos, del proceso que la empresa, para la cual laboro, realiza para certificar refrigeradores comerciales bajo una norma específica y me enfocaré en describir las pruebas básicas que se deben realizar y documentar para probar la seguridad de esta categoría de productos.

5. Contexto de la participación profesional

El problema que debo resolver día a día, es mostrar, mediante mediciones, pruebas de laboratorio, análisis de información técnica, que un producto, en este caso un refrigerador comercial, es seguro para el consumidor final, que su uso no implicará ningún riesgo al usuario sin importar el tipo de uso que esta persona le dé, también mediante estos análisis, se confirma que el producto es capaz de ser manejado, transportado, instalado, o cambiado de posición, sin afectar las características del producto y que pongan en riesgo al usuario. Esto aparte de los beneficios que le dará al usuario final es benéfico para el productor, pues al tener una certificación emitida por la empresa por la cual laboro, puede entrar al mercado norteamericano y canadiense, además su producto tendrá un extra que cada vez más, es exigido por tiendas departamentales o revendedoras (Ejemplo: Wal-Mart, Liverpool, Best Buy, Home Depot).

El alcance de las investigaciones que realizo es demostrar que el producto que evalúe es seguro para el uso, y probar que cualquier modificación que se realice al producto no afecte a las características de seguridad del mismo. Dichos cambios, debe especificarse, responden a una tendencia de los ingenieros que se dedican a la manufactura de reducir costos, buscando incansablemente bajarlos sin importar las medidas que tomen; reducción de grosor de láminas o vidrios, reducción de espaciamientos eléctricos, materiales o dispositivos de baja calidad, etc. En resumen, el problema que ataco en la empresa en la que laboro consiste en seguir estos cambios, entender la filosofía de mis clientes, conocerlos y asegurarme que sus productos, con todas las modificaciones que realicen cumplan con los estándares de seguridad aplicables.

6. Metodología utilizada

Cuando se me pide realizar una certificación de un refrigerador comercial el primer paso que realizo es ver si al equipo nunca se le han realizado pruebas de seguridad ni certificaciones antes es una investigación preliminar. En ella determino el objetivo que tendrá la investigación, contra qué requerimientos tendrá que someterse el equipo, reviso la construcción del mismo. Tal acción la realizo analizando los diagramas tanto eléctricos como mecánicos del refrigerador, analizo los materiales con los cuales están contruidos cada parte del refrigerador y si estas partes tienen certificaciones existentes, una vez que realicé la investigación preliminar informo al cliente sobre las probables no conformidades que el producto podría presentar, después de esto es responsabilidad del cliente indicarme si continuará con la investigación o darle un tiempo para rediseñar su dispositivo. Una vez que el cliente desee continuar con el procedimiento yo termino de realizar un reporte en donde describo detalladamente el producto o familia de productos, sus rangos de operación, materiales, fabricantes, modelos y materiales de cada parte que lo constituye, realizo reportes donde se contenga la documentación que el cliente suministre acerca de su producto. Después de reportar la construcción del producto realizo documentación en la que se analiza punto por punto las cláusulas de la norma y se verifica la conformidad de cada uno de estas. Una vez que realicé todo el análisis documental realizo un plan de pruebas que dependerá de las características individuales del aparato (si trabaja a temperaturas bajo cero, si tiene resistencias de deshielo, por el tipo de producto, etc.) por lo que no hay una lista fija de pruebas a realizarse en todos los productos, pero si hay una serie de pruebas que, independientemente de las características del producto, debe cumplir obligatoriamente. Tales pruebas y los procedimientos que realizo los enunciaré en las siguientes páginas. Después de realizar las pruebas pertinentes, analizo los resultados de las pruebas y los comparo con los resultados que se estipulan en la norma para verificar si hay conformidades o no, realizo informes en donde detallo las pruebas que realicé y por qué las realice y someto mi trabajo a revisiones con ingenieros expertos en la categoría, para que ellos comprueben la veracidad de mis juicios y se pueda emitir una carta de autorización para el cliente, con esta el cliente podrá poner en su producto una marca que reconocerá que su producto cumplió con los requerimientos de la norma solicitada.

Las pruebas básicas que se realizan en refrigeradores comerciales son las siguientes:

Prueba (Test)	Cláusula (Clause)
Entrada (Input)	42
Arranque(Starting)	43
Temperatura y presión (Temperature and pressure)	44
Rigidez dieléctrica (Dielectric-Voltage Withstand)	48
Falla de motor del condensador (Condenser Fan Motor Failure)	49
Sobrecarga (Overflow)	52
Estabilidad (Stability)	54
Tensión (Strain Relief)	56
Fuerza de componentes bajo presión- (Strength-Pressure Containing Components)	68
Resistencia del Vidrio(Glass Strength)	70
Fuerza de estantes (Shelf Strength)	72
Liberación de puerta (Door Latch Release)	75
Impacto (Impact)	81
Prueba de ignición – Motores con protección de impedancia (Burnout- Impedance Protected Motors)	81
Fuga-Desprotegida (Leakage- Unprotected)	SB 5.1.3
Fuga- Compartimiento externo (Leakage- Outside Food Storage Area)	SB 5.1.4

En el ambiente industrial las pruebas se conocen con su nombre en inglés por ser el idioma original en el cual está escrita la prueba, esta es la razón por la cual incluyo su nombre en inglés.

A continuación, describiré a grandes rasgos en qué consiste cada una de las pruebas.

- **Prueba de entrada (Input Test)**

- Procedimiento:

Esta prueba debe realizarse mientras se realice la prueba de Temperatura y Presión. Deben ser energizadas luces y otras cargas eléctricas para que funcionen con normalidad, el refrigerador debe ser operado hasta que la temperatura y presión se estabilicen, se toma el valor de corriente a la media hora de que se inicie el funcionamiento del equipo.

- Requerimientos de cumplimiento:

La corriente de alimentación del refrigerador no debe exceder más del 10% del rango nominal marcado.

La corriente no debe superar más del 10% de la suma de las corrientes nominales de cada carga del refrigerador.

- **Prueba de arranque (Starting test)**

- Procedimiento:

Mientras se realiza la prueba de temperatura y presión, al refrigerador se le conectarán 4 fusibles en serie en caso de operar con 120 V. Si opera con 240 V se utilizarán 8 fusibles, si utiliza alimentación trifásica deberá probarse con 12 fusibles, 4 en cada fase. Los fusibles serán escogidos de acuerdo a las especificaciones del cable de alimentación.

Todas las cargas que sean manualmente controlables en su consumo de amperaje deben ajustarse a su consumo máximo.

Si el refrigerador cuenta con una protección térmica que corte el suministro de corriente durante la prueba, debe reiniciarse el refrigerador y continuar las pruebas con normalidad.

- Requerimientos de cumplimiento:

Se debe iniciar la prueba con 4 fusibles o los que requiera según su rango de alimentación, si ninguno se quema se repite la prueba con un fusible menos, el refrigerador debe arrancar, operar y realizar todas sus funciones sin destruir los fusibles de entrada, cuyo tamaño debe ser el adecuado para él.

- **Prueba de temperatura y presión (Temperature and pressure test)**

- Procedimiento:

El control de temperatura debe ser cortocircuitado, deben ponerse termopares en cada elemento eléctrico del sistema, los compresores deben operar continuamente bajo las condiciones de esta prueba sin ningún dispositivo de protección en el circuito eléctrico.

Todo el equipo eléctrico debe operar normalmente como en la prueba de entrada. Los valores de temperatura y presión deben ser tomados a intervalos cortos para verificar la estabilización, después de la estabilización deben analizarse los valores obtenidos de presión y temperatura para conocer los valores máximos alcanzados. El refrigerador debe cumplir con la prueba de rigidez dieléctrica después de realizar esta prueba.

- Requerimientos de cumplimiento:

La presión máxima de presión se debe documentar para su uso en pruebas posteriores. Los valores de temperatura no deben exceder los valores mostrados en la siguiente tabla:

Device or material	°C	(°F)
A. Motors		
1. Class A insulation systems on coil windings of alternating-current motors having a frame diameter of 7 inches (178 mm) or less (not including hermetic motor-compressors) ^a		
a. In open motors –		
Thermocouple or resistance method	75	(135)
b. In totally enclosed motors –		
Thermocouple or resistance method	80	(144)
2. Class A insulation systems on coil windings of alternating-current motors having a frame diameter of more than 7 inches (178 mm) (not including hermetic motor-compressors) ^b		
a. In open motors –		
Thermocouple method	65	(117)
Resistance method	75	(135)
b. In totally enclosed motors –		
Thermocouple method	70	(126)
Resistance method	80	(144)
3. Class B insulation systems on coil windings of alternating-current motors having a frame diameter of 7 inches (178 mm) or less (not including hermetic motor-compressors)		
a. In open motors –		
Thermocouple or resistance method	95	(171)
b. In totally enclosed motors –		
Thermocouple or resistance method	100	(180)
4. Class B insulation systems on coil windings of alternating-current motors having a frame diameter of more than 7 inches (178 mm) (not including hermetic motor-compressors)		
a. In open motors –		
Thermocouple method	85	(153)
Resistance method	95	(171)
b. In totally enclosed motors –		
Thermocouple method	90	(162)
Resistance method	100	(180)
B. Components		
1. Capacitors		
Electrolytic type ^c	40	(72)
Other types ^d	65	(117)
2. Field wiring ^e	35	(63)
3. Fuses		
a. Class CC, G, J, L, and T		
Tube	100	(180)
Ferrule or blade	85	(153)
b. Other classes ^g	65	(117)
4. Hermetic motor-compressor enclosure ^f	150	(302)
5. Relay, solenoid, and other coils (except motor coil windings) with: ^h		

Device or material	°C	(°F)
a. Class 105 insulated wiring – Thermocouple method	65	(117)
Resistance method	85	(153)
b. Class 130 insulation – Thermocouple method	85	(153)
Resistance method	105	(189)
6. Solid contacts	65	(117)
7. Transformer enclosures – with a. Class 2 transformers	60	(108)
b. Power Transformers	65	(117)
8. Wood or other flammable material	65	(117)
C. Insulated Conductors		
1. Flexible cords and wires with rubber, thermoplastic, or neoprene insulation unless recognized as having special heat-resistant properties as follows:		
	°C	(°F)
	60	(140)
	75	(167)
	80	(176)
	90	(194)
	105	(221)
	35	(63)
	50	(90)
	55	(99)
	65	(117)
	80	(144)
D. Surfaces: ^h		
1. Surfaces of refrigerators at points of zero clearance to test enclosure	65	(117)
2. Surfaces of refrigerator contacted by persons in operating it (control knobs, pushbuttons, levers, and similar surfaces)		
Metal	35	(63)
Nonmetallic	60	(108)
3. Surfaces of refrigerator subjected to casual contact by persons (enclosure, grille, and similar surfaces)		
Metal	45	(81)
Nonmetallic ^h	65	(117)
4. Surfaces of test enclosure where clearance to flammable material is specified	65	(117)
E. Electric Insulation – General		
1. Fiber used as electrical insulation or cord bushings	65	(117)
2. Phenolic composition used as electric insulation or as parts where deterioration will result in a risk of electric shock or fire	125	(225)
3. Thermoplastic material	Rise based on temperature limits of material	

^a Thermocouple applied directly to the integral insulation of the coil conductor.

^b Thermocouple applied as in (a) or applied to conventional coil wrap.

^c For an electrolytic capacitor which is physically integral with or attached to a motor, the temperature rise on insulating material integral with the capacitor enclosure may not be more than 65°C (117°F).

^d A capacitor that operates at a temperature higher than a 65°C (117°F) rise may be judged on the basis of its marked temperature rating.

^e A temperature rise of no more than 50°C (90°F) is acceptable in the terminal box or wiring compartment of a refrigerator that requires supply conductors with an ampacity of more than 100 amperes when the refrigerator is clearly marked with the following statement or its equivalent: "For supply connections, use ___ AWG or larger wires acceptable for at least 75°C (167°F)." See 9.2.8.

^f Maximum – not rise.

^g Includes both casing and ferrule or blade.

^h See 5.3.11 and 5.3.12.

- **Prueba de rigidez dieléctrica (Dielectric-Voltage Withstand Test)**

- Procedimiento:

El refrigerador completo, así como cada componente eléctrico debe soportar por un minuto, sin ninguna avería, un potencial de 1000 Volts más el doble del voltaje nominal del refrigerador a cualquier frecuencia entre 40 a 70 Hertz, aplicado entre:

- Partes vivas de alto voltaje y partes metálicas
- Entre partes vivas de alto o bajo voltaje

Para motores a ½ HP el voltaje aplicado debe ser 1000V

- Requerimientos de cumplimiento:

Tanto el equipo completo como cada parte de él no deben mostrar señales de ruptura, quemaduras o cualquier otro daño al final de la prueba.

- **Prueba de falla del motor del condensador (Condenser Fan Motor Failure test)**

- Procedimiento:

Se deberán colocar medidores de presión en los lados de baja y alta presión del refrigerador, colocar termopares en la carcasa del compresor y en los embobinados del motor del condensador o en su carcasa. El compresor será operado bloqueando el rotor del motor del condensador. Se deberán registrar las temperaturas de los elementos mientras este el compresor operando y cuando la protección térmica de este actúe.

- Requerimientos de cumplimiento:

Las presiones máximas de alta y baja presión no deben ser mayores que el valor máximo obtenido en la prueba de fuerza de componentes bajo presión.

La temperatura máxima del compresor o del motor del evaporador no debe exceder 150 °C.

- **Prueba de sobrecarga (Overflow test)**

- Procedimiento:

La bandeja de condensación (un recipiente donde se recibe agua resultado de la condensación de la humedad ambiental por el funcionamiento del evaporador) debe estar diseñada para no mojar partes vivas o recubrimientos de cables aislados en un escenario de sobrecarga del recipiente.

La prueba consiste en bloquear la salida de desechos de la bandeja de condensación y operar el refrigerador con normalidad, se procederá a llenar esa bandeja hasta que llene a su límite de capacidad y empiece a desbordarse.

- Requerimientos de cumplimiento

El cumplimiento puede determinarse por una examinación visual, observando que ninguna parte crítica este mojada y/o realizando después de esta prueba la prueba de rigidez dieléctrica y resistencia de aislamiento. Para los motores se deberá comprobar que la resistencia de sus embobinados no sea menor a 50k ohms y deberán cumplir con la prueba de rigidez dieléctrica.

- **Prueba de estabilidad (Stability test)**

- Procedimiento:

Si tanto el ancho y la profundidad del producto son mayores a su altura se considerará que pasa el requisito de la norma.

El refrigerador debe presentarse vacío y se colocará sobre un plano horizontal el cual después se inclinará 10 grados, si cuenta con llantas, estas se acomodarán en la posición más desfavorable. Para refrigeradores que no excedan 1.2 metros se le aplicara una fuerza equivalente a la cuarta parte del peso del aparato, pero sin superar 223 N horizontalmente en cualquier pared vertical del refrigerador a partir del centro de la pared.

Después de realizar la prueba se realiza lo siguiente:

Deberá abrirse la puerta un ángulo de 90 grados y se aplicará una fuerza de la cuarta parte del peso del refrigerador, pero sin exceder 156 N en el punto de la puerta más alejado de la bisagra de esta

- Requerimiento de cumplimiento:

El refrigerador puede decirse que cumple con la norma si logra soportar las dos modalidades de la prueba sin caer al suelo, incumple al fallar con una sola marca un incumplimiento.

- **Prueba de tensión (Strain Relief Test)**

- Procedimiento:

Para refrigeradores con cable de alimentación, este debe soportar un tirón con una fuerza de 120 N. La fuerza deberá aplicarse de tal manera que no se distribuya entre los componentes internos conectados al cable de alimentación.

Después de realizar esto, se deberá colocar una carga entre 15.9 o 9.1kg y se dejará suspendida al cable de alimentación por 1 minuto.

- Requerimientos de cumplimiento

El cable de alimentación debe soportar a las dos acciones de la prueba sin desprenderse o causar daños internos a la unidad.

- **Prueba de fuerza de componentes bajo presión- (Strength tests-Pressure Containing Components)**

- Procedimiento

Se requerirán 2 muestras de cada parte contenedora de refrigerante para ser probada, el líquido de prueba será cualquier líquido no peligroso, como agua. Se conectará el dispositivo a un sistema de bomba hidráulica y la presión se incrementará gradualmente a presiones deseadas, una vez ahí se mantendrá la presión por un minuto. Para componentes de lado de alta presión el valor será de 5 veces la presión nominal de diseño, y para componentes de lado de baja presión será 3 veces la presión nominal de diseño. Una vez cumplido esto, se comprobará conformidad y se incrementará la presión hasta encontrar el valor de presión en que se destruya el componente, esta presión será la presión de ruptura.

- Requerimientos de cumplimiento

En la primera parte de la prueba no debe detectarse ninguna fuga del líquido en el sistema ni daños físicos a los dispositivos.

- **Prueba de Resistencia del vidrio (Glass Strength test)**

El grosor mínimo del vidrio frontal debe ser de 2.92 mm, debe ser vidrio templado y cumplir con los requerimientos de la norma ANSI Z97.1, cuyo principal punto es que cuando se rompa dicho vidrio, el vidrio en su totalidad se rompa en pedazos muy pequeños y sin puntos filosos.

- Procedimiento:

Se debe provocar un impacto en el centro geométrico del vidrio de 3.4 J, una vez se haya realizado esto debe provocarse una fuerza de 223 N que se aplicará gradualmente en el centro geométrico por un minuto.

- Requerimiento de cumplimiento:

Para mostrar cumplimiento en la norma el vidrio debe soportar las 2 actividades de la prueba sin fracturarse ni mostrar señales de daño.

- **Prueba de fuerza de estantes (Shelf strength test)**

- Procedimiento:

Deberán usarse discos de acero de 1kg y 8 cm de diámetro. Se colocarán en cualquier repisa del refrigerador, se deberán colocar tantos hasta que se rompa el estante y se registrara ese valor.

Todos los estantes del refrigerador serán puestos a prueba con 3 impactos con las siguientes características:

Se colocará en una bolsa esférica discos de acero, el peso de la bolsa deberá ser de la mitad del peso de ruptura que se obtuvo en la primera parte de la prueba. La bolsa se levantará 4 pulgadas encima del estante y se dejará caer, inmediatamente que choque contra el estante se levantará nuevamente y se dejará caer otra vez.

- Requerimiento de cumplimiento:

Después de las pruebas, el aparato no debe mostrar signos de daños eléctricos a componentes o conexiones, destrucción total de los estantes, reducción de espaciamientos eléctricos o exposición a partes internas del refrigerador.

- **Prueba de liberación de puerta (Door Latch Release)**

- Procedimiento:

Se deberá mantener la puerta cerrada y desde dentro del refrigerador se debe aplicar una fuerza de 66.7 N o menos, esta fuerza se deberá aplicar por pulsos cada 1 segundo, empezando de 0 N e incrementando a 13.4 o 17.8 N, esto se debe realizar antes y después de las actividades del párrafo siguiente.

Desde el interior del refrigerador, se debe aplicar una fuerza para cerrar la puerta de 88.9 N, después otra de igual magnitud para abrirla, se seguirá este proceso 50 veces, al final de este proceso el refrigerador no debe mostrar muestras de daños o deformaciones y su operación debe continuar siendo normal.

- Requerimiento de cumplimiento:

El refrigerador pasará la prueba si, además de no mostrar daños en su estructura, logra abrirse la puerta con la fuerza aplicada en su interior en los 2 eventos que se realicen.

- **Prueba de Impacto (Impact test)**

- Procedimiento:

El refrigerador debe recibir un impacto de 6.8 J en el lado de su armazón que represente el lugar más desfavorable. El impacto será con una bola de acero que se dejara caer verticalmente.

- Requerimiento de cumplimiento:

Después del impacto, el refrigerador no debe mostrar signos de destrucción interna, reducción de espaciamentos eléctricos ni exposición de elementos del sistema de refrigeración.

- **Prueba de ignición – Motores con protección de impedancia (Burnout-Impedance Protected Motors)**

- Procedimiento

La prueba deberá aplicarse a motores con protección de impedancia, y que no estén encapsulados.

Deberán colocarse termopares en los bobinados del motor y el rotor deberá ser bloqueado, se conectará a una fuente de voltaje ajustable y se rodeará el motor de una tela de algodón quirúrgico.

El motor será energizado a su voltaje nominal y mantenido este voltaje hasta que su temperatura se estabilice, una vez que ocurra esto se incrementará el voltaje 5 V más y se dejará que se estabilice la temperatura. Este proceso se seguirá hasta que el motor se detenga.

- Requerimientos de cumplimiento

Para mostrar conformidad, el recubrimiento de algodón no debe incendiarse en ningún momento de la prueba.

- **Prueba de fuga (Leakage- Unprotected)**

- Procedimiento:

Esta prueba se deberá realizar a refrigeradores que utilicen refrigerante inflamable. Se deberá introducir en el compartimiento de comida el 80% del total del refrigerante que usa la unidad en estado gaseoso en 10 minutos, luego de 30 minutos de que se terminó de ingresar todo el refrigerante debe abrirse la puerta a 90 grados en un tiempo entre 2 a 4 segundos, la cantidad de refrigerante contenida en cualquier parte del refrigerador debe medirse continuamente desde el principio de la prueba.

- Requerimientos de cumplimiento:

Para mostrar conformidad, se deben observar los registros de las cantidades de refrigerante atrapadas en lugares cerrados y a lo largo de toda la prueba, estos valores no deben exceder los valores mostrados en la tabla siguiente:

Refrigerant number	Refrigerant name	Refrigerant formula	Refrigerant ignition temperature ^a °C	Refrigerant lower flammable limit % V/V ^{b,c}
R50	Methane	CH ₄	645	4.9
R290	Propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃	470	2.1
R600	n-Butane	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	365	1.5
R600a	Isobutane	CH(CH ₃) ₃	460	1.8
R717	Ammonia	NH ₃	651	15.0

NOTE: Standard for Tests for Comparative Flammability of Liquids, UL 340, and ASTM E659, Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals are similar (not identical) to IEC 60079-4A, Method of Test for Ignition Temperature.

^aValues for other flammable refrigerants can be obtained from IEC 60079-4A and IEC/TR3 60079-20.

^bValues for other flammable refrigerants can be obtained from EN 50054 or ANSI/NFPA 325.

^cConcentration of refrigerant in dry air.

Además de esto, la concentración de refrigerante atrapada en algún punto crítico a lo largo de toda la prueba no debe exceder al 75% del refrigerante inyectado, ni debe existir una concentración de 50% o más en algún punto por al menos 5 minutos.

- **Prueba de Fuga- Compartimiento externo (Leakage test- Outside Food Storage Area)**

- Procedimiento

El procedimiento de esta prueba es similar al anterior, la diferencia es que ahora el refrigerante se inyectará en un tiempo de una hora en las partes externas al sistema de refrigeración. Igualmente se realizarán mediciones en las zonas en las que se puede concentrar refrigerante.

- Requerimientos de cumplimiento

Las cantidades de refrigerante no deben exceder las cantidades siguientes:

Refrigerant number	Refrigerant name	Refrigerant formula	Refrigerant ignition temperature ^a °C	Refrigerant lower flammable limit % V/V ^{b,c}
R50	Methane	CH ₄	645	4.9
R290	Propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃	470	2.1
R600	n-Butane	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	365	1.5
R600a	Isobutane	CH(CH ₃) ₃	460	1.8
R717	Ammonia	NH ₃	651	15.0

NOTE: Standard for Tests for Comparative Flammability of Liquids, UL 340, and ASTM E659, Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals are similar (not identical) to IEC 60079-4A, Method of Test for Ignition Temperature.

^aValues for other flammable refrigerants can be obtained from IEC 60079-4A and IEC/TR3 60079-20.

^bValues for other flammable refrigerants can be obtained from EN 50054 or ANSI/NFPA 325.

^cConcentration of refrigerant in dry air.

Además de esto, la concentración de refrigerante atrapada en algún punto crítico a lo largo de toda la prueba no debe exceder al 75% del refrigerante inyectado, ni debe existir una concentración de 50% o más en algún punto por al menos 5 minutos.

7. Participación profesional

En los proyectos en los que trabajo mi participación es muy activa, para contextualizar, tengo un número específico de empresas con las que trabajo, cada empresa la llamo una cuenta, la cual, cualquier producto o servicio que genere será atendido solamente por mí o mis supervisores.

Cuando una de estas empresas solicita algún servicio se comunica conmigo, me habla sobre el proyecto que tiene en mente y yo realizo una cotización de él. Le informo al cliente el precio del proyecto, el tiempo que duraría, así como las muestras del producto que se requerirán, el plan de pruebas necesario y el alcance del proyecto.

Si el cliente acepta la cotización empiezo el trabajo documental analizando toda la información técnica que el cliente me suministre. Si requiero más información técnica se la pido directamente a este. Una vez que documente todas las implicaciones que se tendrán en el proyecto y compruebe que la construcción del producto cumple con todas las cláusulas de la norma , preparo documentos explicativos para los técnicos del laboratorio con instrucciones precisas sobre los pasos que deben realizarse y bajo qué condiciones, estipulo los tiempos que tienen para entregar las pruebas que requiero y al acabar ese tiempo el laboratorio me envía un set de resultados que después yo analizaré para comprobar que se haya cumplido con los requerimientos de la norma aplicable. Si en alguna parte del proceso encuentro alguna no conformidad ya sea en el análisis documental o en el periodo de pruebas, mi obligación es informarle al cliente sobre qué punto no se cumple de la norma y el cliente debe realizar las modificaciones pertinentes para continuar con el proceso, una vez que he revisado los datos experimentales y documentales del dispositivo, genero documentos internos informando qué acciones se realizaron en el proceso de certificación y el por qué de estas acciones, al final del proceso informo al cliente de la conformidad de su producto y lo autorizo para aplicar la marca apropiada en su producto.

8. Conclusiones

La experiencia profesional que he tenido hasta el momento me ha ayudado a consolidar mis conocimientos teóricos para poder aplicarlos correctamente a las necesidades laborales con la que me he ido enfrentando día a día, de no haber tenido una formación como ingeniero eléctrico electrónico no hubiera tenido los conocimientos necesarios para entender todas las cuestiones técnicas que tengo que analizar para verificar el nivel de seguridad que tienen los equipos que evalúo.

Gracias a la facultad y a su plan de estudios, no tuve complicaciones para entender todas las tecnologías que se emplean en el ambiente profesional, por ejemplo haber tomado el curso de principios de termodinámica y electromagnetismo me fue útil para entender el funcionamiento de los equipos refrigeradores, además, toda mi formación teórica en electrónica me hizo poder comprender todos los diagramas electrónicos de los controles de refrigeración y poder analizarlos para trabajar con ellos, otra cosa que me dio la facultad de ingeniería para desarrollar correctamente mi trabajo fue mi conocimiento de electricidad de potencia pues cuando se realizan auditorías a plantas, es necesario conocer la calidad del suministro eléctrico, por lo que se deben verificar sus diagramas de conexiones y su lógica de funcionamiento, por lo que ese conocimiento que me proporcionó la facultad también fue muy útil.

La parte más importante que me dejó la facultad fue la habilidad para resolver problemas complejos y una capacidad de análisis abstracto, estas cualidades me ayudan para poder visualizar de maneras diferentes los problemas con los que me encuentro y así poderlos resolver de una forma más eficiente y rápida.

9. Bibliografía

- Manual de refrigeración y aire acondicionado. Danfoss.
- Termodinámica, 7th edition, Yunus A. Cengel
- Manual de ingeniería. Frigus Bohn.
- Manual técnico de refrigeración y aire acondicionado. Emerson
- UL 471 Standard For Commercial Refrigerators And Freezers- Edition 10