

# Análisis estadístico de las incidencias en el monitoreo de personal del área restringida en una estación núcleo eléctrica

**RESUMEN:** La seguridad en una estación núcleo eléctrica es sumamente importante y particularmente en áreas donde se encuentra personal activamente expuesto a la radiación propia del trabajo. Vigilar las causas de las incidencias que se llegan a presentar es de vital importancia para mantener en los niveles mínimos aceptables y que no exista un accidente a futuro, es por ello y debido a la detección constante de eventos catalogados como incidencias que surge la necesidad de realizar un estudio estadístico, donde primeramente se documentaron durante 17 semanas en una hoja de registro las incidencias que se tienen en una estación núcleo eléctrica, en el área denominada portales, con el personal activamente expuesto, para posteriormente mediante el uso de un Pareto, se identifican 3 incidencias que tienen mayor frecuencia durante el periodo de estudio (Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM, Monitorea sólo artículos personales en el CPO y Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos). Finalmente se realiza un análisis de varianza de Fisher (Anova), para demostrar si existe relación entre la frecuencia de dichas incidencias y alguno de los días de la semana, estableciendo si uno de los días de la semana en específico sea determinante estadísticamente en la ocurrencia de las incidencias, es decir, si podemos atribuir a cualquiera de los días de la semana (como variable independiente) el hecho del aumento de la frecuencia en alguna de las incidencias (como variable dependiente).

**PALABRAS CLAVE:** Prueba Fisher / Análisis Estadístico / Pareto / Monitoreo de Personal / Estación Núcleo Eléctrica.



## Colaboración

Antonio Huerta Estévez; Manuel Rivera Moreno; Paulina Gutiérrez León; Cesar Augusto Rogel Galvez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz

**ABSTRACT:** Safety in a power station is extremely important and particularly in areas where personnel are actively exposed to radiation from work. Monitoring the causes of the incidents that come to present is of vital importance to keep the acceptable minimum levels and that there is no future accident, it is for this reason and due to the constant detection of events cataloged as incidents that the need to To carry out a statistical study, where the incidents that occur in a power station, in the area called portals, were first documented for 17 weeks on a record sheet, with the personnel actively exposed, and later by using a Pareto, They identify 3 incidents that are more frequent during the study period (I remove the objects from my pockets to be monitored in the PCM, Only monitor personal items in the CPO and PR Technician Assists the PAE to avoid being monitored with objects in my pockets). Finally, a Fisher variance analysis (Anova) is performed to demonstrate whether there is a relationship between the frequency of said incidents and any of the days of the week, establishing whether a specific day of the week is statistically determinant in the occurrence. of the incidents, that is, if we can attribute to any of the days of the week (as an independent variable) the fact of increasing the frequency of any of the incidents (as a dependent variable).

**KEYWORDS:** Fisher Test / Statistical Analysis / Pareto / Monitoring Personal / Nucleo Electric Station.

## INTRODUCCIÓN

Una Estación Núcleo Eléctrica pertenece al ramo energético siendo la que se encarga de la generación de energía eléctrica. En esta central trabaja personal especializado en el manejo de reactores y estaciones eléctricas, así como personal certificado en el manejo de equipo radiológico, así como de contaminación radiológica en personas equipos, materiales y herramientas. Particularmente, en el área donde se realizó este estudio, llamada área restringida, es en donde se realizan los trabajos de mantenimiento hacia los equipos y control de los niveles de radiación, ubicada en el edificio principal de la Estación Núcleo Eléctrica, el equipo de protección consiste en lentes de protección, guantes y overoles de trabajo especializados ya que es un área en donde no se espera una alta exposición a la radiación, por lo cual se cuenta con técnicas de protección como medidas de seguridad las cuales se analizan así como señalizaciones y radiómetros que miden el nivel de radiación expuesto por los trabajadores.

Por este motivo es de suma importancia el correcto monitoreo del personal, material, herramientas y equipo para evitar la dispersión de la contaminación y asegurarse de que no se ha adquirido dosis de radiación fuera de lo planeado. Con el presente trabajo se reconocer las frecuencias de las incidencias que realiza el PAE (Personal Activamente Expuesto) al momento de realizar su monitoreo personal y de las herramientas, material y equipo que requirió para realizar su trabajo dentro de las unidades.

Este trabajo trata acerca de un estudio estadístico, en donde en primera instancia se registran las incidencias que se tienen en una estación núcleo eléctrica con el personal activamente expuesto que mediante una hoja de registro durante 17 semanas que dura el estudio, posteriormente con un Pareto se demuestra cuáles son las incidencias que se presentan con mayor frecuencia durante el periodo de estudio, identificando 3 incidencias (Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM, Monitorea sólo artículos personales en el CPO y Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos), posteriormente mediante el análisis de varianza (Anova) de Fisher, se hará una para demostrar la si existe relación entre el número de incidencias y alguno de los días, determinando si uno de los días de la semana en específico sea determinante estadísticamente en la ocurrencia de las incidencias, lo cual mediante dichas pruebas se demuestra clara y evidentemente si existe o no relación alguna entre la presencia de las incidencias y los días en las que estas se presentan con mayor frecuencia, es decir, si podemos atribuir a cualquiera de los días de la semana el hecho del aumento de la frecuencia en alguna de las incidencias. El Control Estadístico de Procesos (CEP) es una técnica estadística para asegurar que los procesos cumplen con los estándares [1].

Este estudio surge de la necesidad de tomar decisiones efectivas respecto a las oportunidades de mejora (AFI) reconocidas y señaladas en la Estación Núcleo Eléctrica por la organización WORLD ASSOCIATION OF NUCLEAR OPERATORS/ASOCIACIÓN MUNDIAL DE OPERADORES NUCLEARES (WANO) dicha organización tiene como misión maximizar la seguridad y confiabilidad de las plantas de energía nuclear en todo el mundo, trabajando juntos para evaluar y mejorar el desempeño a través del apoyo mutuo, el intercambio de información y la emulación de las mejores prácticas.

El AFI es reconocido bajo el acato del "ESTANDAR PARA EL CONTROL DE LIBERACIÓN IRRESTRIC-TA DE MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTAS DE AREA RESTRINGIDA" para poder mejorar en dicho estándar se deberán tomar las decisiones pertinentes basadas en el análisis de las incidencias en el monitoreo del personal, material, equipo y herramientas en el área restringida en el edificio de control principal dentro de la Estación Núcleo Eléctrica mediante observaciones diarias realizadas con los supervisores del área de protección radiológica PR. El tamaño de nuestra muestra para el análisis de las incidencias es de 17 semanas del 2018 comprendidas entre los días del lunes 20 de Agosto el día 14 de Diciembre (casi 5 meses). Iniciamos este análisis planteando nuestra pregunta de investigación, ¿Influye los días de la semana en que exista mayor frecuencia de las incidencias en el área a analizar?

Tenido formulada nuestra pregunta de investigación procedemos a plantear nuestra problemática, la cual se basa en que no se tienen identificado la causa por la cual se presentan las incidencias, y al no contar con la plena identificación de las causas, no se puede determinar planeas de acción a seguir para reducir la frecuencia de las incidencias. Es por ello que se hace un análisis estadístico de las incidencias principales que son registrada por parte de los operadores de la Estación Núcleo Eléctrica, al final de este trabajo se demostrará estadísticamente mediante el Software MiniTab si existe o no evidencia estadística para determinar una correlación entre el número de incidencias presentadas (identificada como variable dependiente) con las semanas estudiadas o los días analizados (identificado como variable independiente). Teniendo como propósito determinar si la frecuencia con la que se presenta alguna de las principales incidencias en el área restringida conocida como portales, tiene relación particularmente con algún día de la semana. Con estas sencillas herramientas, se tiene la oportunidad de resolver el 95% de los problemas, lo que nos permitirá entrar plenamente en un mundo de mejora incesante base de la Calidad Total que tenemos como meta común. [2]

## MATERIAL Y MÉTODOS

El departamento de Protección Radiológica (PR) es-

tablece un conjunto de estrategias, acciones y lineamientos que debe cumplir todo el personal de la Estación Núcleo Eléctrica para su propia protección contra la radiación producida por la operación de la misma y adicionalmente para la protección del público en general.

El conjunto de acciones que constituyen están encaminadas a prevenir y limitar la exposición del personal a la radiación adoptando los criterios del principio ALARA (As Low As Reasonable Archivable - Tan Bajo Como Sea Razonablemente Posible). Este principio requiere que se consideren las condiciones de operación de la Central y reflejarlo en procedimientos, planeaciones de trabajo, registros, equipos especiales y otros, para lograr que las exposiciones a la radiación para el PAE (Personal Activamente Expuesto) cumplan con los límites establecidos y sean ALARA.

Se realizó una investigación correlacional, ya que es la que nos ayuda a evaluar la relación estadística de dos variables sin la influencia de alguna variable no considerada o extraña para el estudio, el cual se realizó durante 17 semanas (85 días). Para ejecutar un análisis de varianza de Fisher (ANOVA), debe tener una variable de respuesta (siendo en este caso número de frecuencias que se presentan) continua y al menos un factor categórico o variable independiente (días de la semana).

A continuación, se enlistan las actividades principales con las cuales se llevó a cabo este trabajo:

1. Identificar y contabilizar en una hoja de verificación, la cual sirve para recolectar datos por medio de la observación de una situación o proceso, siendo una de las 7 herramientas de la calidad [5], las observaciones realizadas por el supervisor de PR el número de incidencias sobre los no cumplimientos por parte del técnico auxiliar y el PAE en área restringida. Tomando en cuenta que las acciones correctas serían que el operador se lleve artículos personales (peines, llaves, carteras, etc) al área restringida u olvidar dejar objetos de trabajo, que se encuentran contaminados, en su lugar de trabajo.

2. Elaborar base de datos en Excel para calcular y determinar el porcentaje de las incidencias del correcto monitoreo del personal, material, equipo y herramientas en el área restringida.

3. Realizar un análisis estadístico mediante MiniTab 18 con el número de porcentaje de incidencias en el área de restringida (área de estudio) del personal, material, equipo y herramientas.

Se inicia creando un formato de hoja de control que se utilizó para llevar el registro diario de las incidencias del monitoreo del personal, material, equipo y herra-

mientas en el área restringida, tal como se muestra en la Figura 1. A continuación se detallan las iniciales de dicha figura (PCM: Monitores de Contaminación Personal, CPO: Contaminación Personal en otros objetos, POE: Personal Ocupacional Expuesto, EPP: Equipo de Protección Personal, PR: Protección Radiológica).

Figura tomada de Central Núcleo Eléctrica (2018)

CPO													
ACCIONES OBSERVADAS	No. DE EVENTOS DE MONITOREO												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>TÉCNICO DE PR (0)</b>													
1. ATENDIÓ EL EVENTO DE ALARMA EN EL CPO													
2. INSPECCIONÓ EL MATERIAL POR CONTAMINACIÓN REMOVIBLE Y FIA													
3. VALIDA SOLO POR 24 HR LOS ISOTOPOS REALIZADOS AL MATERIAL VOLUMETRO													
<b>ACCION DEL POE</b>													
1. MONITOREA SOLO ARTICULOS PERSONALES EN EL CPO													
2. SOLICITA AL TÉCNICO DE PR EL MONITOREO DE MATERIAL, EQUIPO O HERRAMIENTA													
3. SI NO ALARMA EL CPO RETIRA LOS ARTICULOS DEL CPO Y DEL AREA RESTRINGIDA													
4. SI ALARMA EL CPO SOLICITA EL APOYO DEL TÉCNICO DE PR													
5. ASISTE AL POE PARA EVITAR SE MONITOREE CON OBJETOS EN LOS BOLSILLOS													
6. AL PRESENTARSE ALARMA SE MONITOREA EL EPP EN EL CPO													
<b>ACCION DEL POE</b>													
1. SOLICITA EL APOYO DEL TÉCNICO DE PR (0) ANTE ALARMA DEL PCM													
2. SE RETIRAN LOS OBJETOS DE LOS BOLSILLOS PARA MONITOREARSE EN EL PCM													
3. SE MONITOREA CON Y SIN FAJA DE SEGURIDAD EN LOS PCM													
<b>CRITERIOS C= CUMPLE NC= NO CUMPLE</b>													
<b>NO= NO OBSERVADO (EJEMPLO: SI NO ALARMA EL CPO, NO ES POSIBLE OBSERVAR SI EL TÉCNICO DE PR APOYO AL POE)</b>													
<b>OBSERVACIONES:</b>													

Figura 1. Hoja de control como registro diario de incidencia de Central Núcleo Eléctrica (2018)

## RESULTADOS

En la Figura 2 se muestra el total de las incidencias presentadas durante todo el periodo que contempla este análisis estadístico en donde participaron los operadores del área de estudio llamada restringida y que fueron monitoreados durante las 17 semanas de muestra que se tienen.

TABLA DE REFERENCIA	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	TOTAL
ATENDIÓ EL EVENTO DE ALARMA EN EL CPO	4	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12
INSPECCIONÓ EL MATERIAL POR CONTAMINACIÓN REMOVIBLE Y FIA	4	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
VALIDA SOLO POR 24 HORAS LOS ISOTOPOS REALIZADOS AL MATERIAL VOLUMETRO	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
MONITOREA SOLO ARTICULO PERSONALES EN EL CPO	45	3	3	7	7	0	3	0	1	0	0	0	0	4	3	3	0	79
SOLICITA AL TÉCNICO DE PR EL MONITOREO DE MATERIAL, EQUIPO O HERRAMIENTA	35	3	0	14	3	0	1	0	1	0	0	6	0	1	1	0	0	65
SI NO ALARMA EL CPO RETIRA LOS ARTICULOS DEL CPO Y DEL AREA RESTRINGIDA	3	2	11	1	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	21
SI ALARMA EL CPO SOLICITA EL APOYO DEL TÉCNICO DE PR	15	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	7	0	5	1	1	0	32
RECONOCE QUE LOS MATERIALES VOLUMETRICOS REQUIEREN MUESTREO E ISOTOPICO DEL EQUIPO QUIMICO	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ATENDIÓ AL POE CUANDO SE REPRESENTA ALARMA DEL PCM	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
RECONOCE QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD FISICA PUEDE MONITOREARSE EN LOS PCM CON SU EQUIPO TACTICO	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ASISTE AL POE PARA EVITAR SE MONITOREE CON OBJETOS EN LOS BOLSILLOS	25	11	3	3	6	18	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	74
AL PRESENTARSE ALARMA SE MONITOREA EL EPP EN EL CPO	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
SOLICITA EL APOYO DEL TÉCNICO DE PR (0) ANTE ALARMA DEL PCM	12	1	0	0	0	0	8	0	0	2	0	0	0	2	1	3	2	33
SE RETIRAN LOS OBJETOS DE LOS BOLSILLOS PARA MONITOREARSE EN EL PCM	50	6	11	0	1	6	17	6	4	9	0	5	1	6	2	2	0	126
SE MONITOREA CON Y SIN FAJA DE SEGURIDAD EN LOS PCM	12	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	17
<b>TOTAL</b>	<b>211</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>49</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	

Figura 2. Concentrado final de las hojas de control diario.

Elaboración Propia

Las incidencias, denominadas de esta manera ya que son acciones que no deberían de presentarse en el desarrollo del trabajo del operador por no estar dentro de los procedimientos seguros del operario, que mostraron una mayor frecuencia durante las 17 semanas de monitoreo son las siguientes:

- Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM.
- Monitorea sólo artículos personales en el CPO.
- Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos.

Estas incidencias serán identificadas con las iniciales N, D y K respectivamente para las 3 principales incidencias mostradas en las hojas de control. El departamento de Protección Radiológica (PR) establece un conjunto de estrategias, acciones y lineamientos que debe cumplir todo el personal de la Estación Núcleo Eléctrica para su propia protección contra la radiación producida por la operación de la misma y adicionalmente para la protección del público en general.

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras cuyo campo de aplicación son los datos categóricos y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales que tienen más relevancia mediante su principio "pocos vitales" de los "muchos triviales" [4]. En la Figura 3 se ve el resultado del Pareto utilizando el Software Minitab, en donde se muestra como estas 3 incidencias principales : Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM (N), Monitorea sólo artículos personales en el CPO (D) y Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos (K) nos representan un porcentaje mayor al 50% (56.9%) del total de las incidencias presentadas durante las 17 semanas del análisis, las cuales fueron las que se permitieron monitorear para hacer dicho análisis, ya que se determinó que al ser trabajos repetitivos y no estar presente ningún tipo de otra variable que pudiera afectar a la presencia de las incidencia no habría motivo para ampliar el tiempo de estudio.

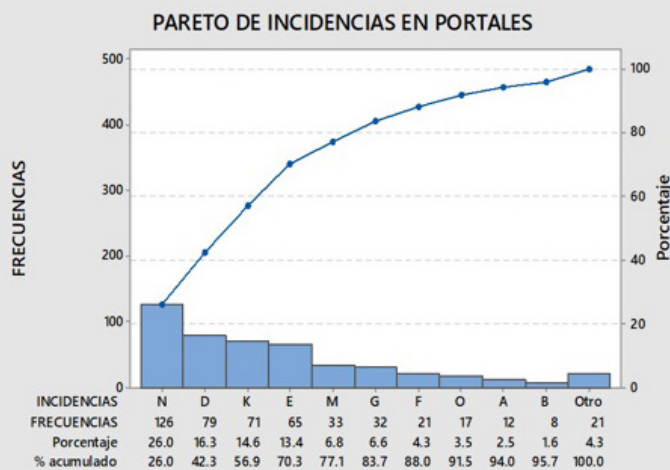


Figura 3. Pareto de Incidencias. Elaboración Propia

En general, la prueba de hipótesis se puede usar para determinar si se debe rechazar o no una afirmación acerca del valor de un parámetro de población. En la prueba de hipótesis se comienza proponiendo una hipótesis tentativa acerca de un parámetro poblacional. Esta hipótesis tentativa se llama hipótesis nula y se define otra hipótesis, llamada hipótesis alternativa, que es la opuesta de la nula. [3]

En la Figura 4 se muestran los resultados de la prueba Fisher (ANOVA) con un nivel de significancia del 95%,

para determinar si hay evidencia estadística para determinar que el FACTOR (día de la semana) influye en la RESPUESTA (Frecuencia de incidencia). En donde se establecerán las hipótesis nula y alterna.

Ho: La media de las frecuencias de incidencias de todos los días son iguales.

Hi: La media de las frecuencias de incidencias es diferente en al menos 1 día.

ANOVA unidireccional: FRECUENCIA vs DIA					
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales				
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente				
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$				
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis					
Información del factor					
Factor	Niveles	Valores			
DIA	5	JU, LU, MA, MI, VI			
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor P
DIA	4	17.89	4.473	0.69	0.599
Error	235	1522.71	6.48		
Total	239	1540.6			
Resumen del modelo					
S	R-cuad	R-cuad (ajustado)	R-cuad (pred)		
2.54551	1.16%	0.00%	0.00%		
Medias					
DIA	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%	
JU	48	0.729	1.621	(0.005, 1.453)	
LU	48	1.5	3.307	(0.776, 2.224)	
MA	48	1.375	2.734	(0.651, 2.099)	
MI	48	1.146	2.593	(0.422, 1.870)	
VI	48	1	2.154	(0.276, 1.724)	
Desv. Est. Agrupada = 2.54551					

Figura 4. Prueba de Fisher (Anova) Frecuencia vs Día Elaboración Propia

Al tener un Valor p del 0.559 el cual es mayor al nivel de significancia del 0.05% podemos concluir que no se rechaza nuestra Hipótesis Nula (Ho), es decir, que durante los 85 días muestreados no hay evidencia estadística en donde indique que en alguno de estos días hubo un comportamiento diferente en la frecuencia presentada de las incidencias.

Ya se estableció que no hay diferencia entre la frecuencia de las incidencias y los 85 días del estudio, pero, ¿Qué pasa si se agrupan los días? Es decir, sumar la frecuencia en cada una de las 3 incidencias principales de este análisis en cada uno de los días, para poder determinar si la diferencia existe entre los días sin importar en que semana se presentó la incidencia, para lo cual se establecen las mismas hipótesis que se hicieron en la prueba anterior.

La Figura 5 muestra un Valor p del 0.095 el cual es mayor al nivel de significancia del 0.05% podemos concluir que debemos de aceptar nuestra Hipótesis Nula (Ho), es decir, que sin importar que día de la semana sea no se mostró evidencia estadística en donde indique que hay un comportamiento diferente en la frecuencia presentada de las incidencias.

Como ya se mencionó anteriormente, la recolección de los datos se realizó durante el periodo de 17 semana, que fueron las permitidas por la estación núcleo

eléctrica ya que fue el periodo donde se tiene una mayor carga de trabajo y cuando se tienen registros históricos en donde hay una mayor presencia de incidencia enunciadas. En este estudio solo se toman en cuenta los días de la semana como variable determinante en la presencia de las incidencias, ya que no existe otra variable que pueda presentarse al ser un área en donde capacitación, rangos de edades, niveles académicos, así como presencia de variables personales como alcohol en la sangre u otras sustancias, son estrictamente controladas por el central núcleo eléctrica, es por eso que la una variable que podíamos usar es los días de la semana.

ANOVA unidireccional: FRECUENCIA vs DIA					
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales				
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente				
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$				
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis					
Información del factor					
Factor	Niveles		Valores		
DIA	5		JU, LU, MA, MI, VI		
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor P
DIA	4	7177	1794.2	2.67	0.095
Error	10	6718	671.8		
Total	14	13895			
Resumen del modelo					
S	R-cuad	R-cuad (ajustado)	R-cuad (pred)		
25.9191	51.65%	32.31%	0.00%		
Medias					
DIA	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%	
JU	3	11.67	3.21	(-21.68, 45.01)	
LU	3	24	7.21	(-9.34, 57.34)	
MA	3	22	7.55	(0-11.34, 55.34)	
MI	3	18.33	4.16	(-15.01, 51.68)	
VI	3	72.7	56.8	(39.3, 106.0)	
Desv. Est. Agrupada = 25.9191					

Figura 5. Prueba de Fisher (Anova) Frecuencia vs Días acumulados. Elaboración Propia

Ya establecidas son las incidencias que se presenta con mayor frecuencia, es imperante hacer acciones correctivas al respecto. Como anteriormente ya se mencionó en este trabajo de las 3 incidencias la de Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM y la de Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos, se refieren a incidencias relacionadas con los monitoreos de objetos en bolsillos.

Esto nos da un punto de partida para implementar propuestas de mejora, ya que estas 2 de 3 incidencias son inherentes al operador, se procedió a establecer 2 acciones principales.

1.- Colocar anuncios carteles en las áreas de vestidores, comedores y demás áreas en común en donde se recordará de no llevar objetos a las áreas restringidas o de no olvidar objetos en todas al as áreas anteriormente mencionadas tal como se muestra en la Figura 6.

2.- Retomar las pláticas de seguridad antes del inicio de las labores diarias para los trabajadores del área restringida, las cuales ya con anterioridad ya se daban pero que por caer en la zona de seguridad de los obre-

ros dejo de darse ya que no se había demostrado estadísticamente los efectos que esto tenía.



Figura 6. Señalética para el personal Elaboración Propia

Las implementaciones de estas acciones tuvieron un impacto positivo en el personal del área restringida, ya que después de su implementación se pudo observar una disminución en la frecuencia de las 3 incidencias principales mencionadas anteriormente (en promedio 15%).

## CONCLUSIONES

Para garantizar el mejoramiento continuo en una empresa que tenga diseñado los procesos de su Sistema de Gestión de la Calidad, y los indicadores de desempeño de los mismos, se utilizan técnicas y herramientas para el análisis, control, seguimiento y mejora de dichos procesos [6].

El análisis estadístico de los datos tomados referente a las frecuencias de las incidencias mostradas durante los 85 días que duro el estudio nos muestran que de las 3 incidencias principales que deben de atacar, Retiro los objetos de los bolsillos para monitorearse en el PCM, Monitorea sólo artículos personales en el CPO y Técnico de PR Asiste al PAE para evitar se monitoree con objetos en los bolsillos, no mostro estadísticamente una diferencia significativa que nos permitiera establecer que las incidencias se presentan en una mayor frecuencia particularmente alguno de los días de la semana.

Esto significa, que no podemos determinar que el comportamiento de los trabajadores (frecuencia de las incidencias) del área restringida está condicionado a algún día en particular de la semana, es decir, sin importar el día de la semana en que se labore los trabajadores mostraron el mismo comportamiento estadístico en la frecuencia de las incidencias presentadas. Además, que no se presenta alguna otra variable de análisis para dicho estudio debido a que no existen

dichas variables, es decir, el personal que ahí labora cuenta con una capacitación igual en cada uno de ellos, para poder ingresar a esa área se pasan rigurosos exámenes de conocimientos que le permiten al personal a cargo de dicha área poder establecer que no hay variables que afecte al proceso, solo poder relacionarlo con los días de la semana.

En este estudio no se realizó un Ishikawa debido partimos de conocer ya cuales eran las incidencias que se deberían de estudiar, dichas incidencias ya fueron proporcionadas por la central núcleo eléctrica, y que eran las que deberían estar permanentemente monitoreando en el área restringida de dicha planta, y que estas incidencias, al presentarse, ocasionarían que herramientas, artículos de uso personal y hasta el mismo operario, tuviera niveles de radiación por encima de los permitidos ocasionando así una posible contaminación hacia otras áreas.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] Arias Montoya, L., Margarita Portilla, L., y Bernal Loaiza, M. E. (2008). Los costos y su manejo con el control estadístico de procesos, con ayuda de la distribución normal. *Scientia Et Technica*, XIV (38), 259-263. Consultada el 22 de diciembre de 2018, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903845>

[2] Ishikawa, Karou (1985). *¿Qué es control total de la calidad? La modalidad Japonesa*. Bogotá, Colombia: Prentice-Hall.

[3] Figueroa García, J. C., Campos Trujillo, L. E., y Caquimbo Tabares, C. (s.f.). Implementación de Lógica Difusa para realizar Pruebas de Hipótesis Estadísticas Univariadas. *Ingeniería*, 11(1), 51-61. Consultada el 18 de diciembre de 2018, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498850162008>

[4] Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Guadalajara (3ª ed.). México: McGraw Hill.

[5] Maldonado, R. M. (2018). *Control Estadístico de la Calidad. Un enfoque Creativo*. México: Patria.

[6] Villar-Ledo, L., y Ledo-Ferre, M. C. (2016). *Aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de indicadores*. *Ingeniería Industrial*.