

## Evaluación de la Reducción de Tiempos en un Almacén Mediante un Sistema de Lectura Automática con Tecnología RFID

**Janeth Alvarez Castillo<sup>1</sup>**

[M21260321@matamoros.tecnm.mx](mailto:M21260321@matamoros.tecnm.mx)  
<https://orcid.org/0009-0004-8642-3967>

Instituto Tecnológico de Matamoros  
México

**Julia Yazmín Arana Llanes**

[julia\\_arana@uaeh.edu.mx](mailto:julia_arana@uaeh.edu.mx)  
<https://orcid.org/0000-0002-4986-9765>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

**Erandi Lizzete Contreras Ocegueda**

[erandi.co@matamoros.tecnm.mx](mailto:erandi.co@matamoros.tecnm.mx)  
<https://orcid.org/0000-0002-0376-7800>

Instituto Tecnológico de Matamoros  
México

**Wendy Aracely Sánchez Gómez**

[wendy.sg@matamoros.tecnm.mx](mailto:wendy.sg@matamoros.tecnm.mx)  
<https://orcid.org/0000-0002-8576-5621>

Instituto Tecnológico de Matamoros  
México

**Alberto Arturo Flores Hernández**

[alberto.fh@matamoros.tecnm.mx](mailto:alberto.fh@matamoros.tecnm.mx)  
<https://orcid.org/0000-0001-7533-2358>

Instituto Tecnológico de Matamoros  
México

### RESUMEN

El éxito de las empresas depende de cómo administran su información. Toda actividad tiene que llevar un control para que cualquier proceso se realice de manera eficiente. Hoy en día se ha incrementado la dificultad de las tareas que se realizan en las áreas de trabajo provocando que las empresas deban de incrementar su competencia para destacar de las otras. Por lo que es importante automatizar procesos en búsqueda de lograr reducción de tiempo en la realización del control de entrada y salida de objetos y así puedan aumentar su eficiencia como empresa. Por lo anterior, en este artículo se presenta el desarrollo de un sistema de lectura automática con tecnología RFID. El sistema de lectura automática es capaz de gestionar la entrada y salida de accesorios en un almacén mediante tecnología RFID. El sistema de control se compone de un lector y tags RFID, una aplicación web y una base de datos.

**Palabras clave:** *tecnología RFID; reducción de tiempos; toma de tiempos; almacén*

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [wendy.sg@matamoros.tecnm.mx](mailto:wendy.sg@matamoros.tecnm.mx)

# **Evaluation of Time Reduction in a Warehouse Through an Automatic Reading System With RFID Technology**

## **ABSTRACT**

The success of companies depends on how they manage their information. Every activity has to be controlled so that any process is carried out efficiently. Nowadays, the difficulty of the tasks carried out in work areas has increased, causing companies to have to increase their competition to stand out from others. Therefore, it is important to automate processes in search of reducing time in carrying out the entry and exit control of objects and thus increase your efficiency as a company. Therefore, this article presents the development of an automatic reading system with RFID technology. The automatic reading system is capable of managing the entry and exit of accessories in a warehouse using RFID technology. The control system consists of an RFID reader and tags, a web application and a database.

**Keywords:** *RFID technology; time reduction; making times; warehouse*

*Artículo recibido 20 setiembre 2023  
Aceptado para publicación: 28 octubre 2023*

## INTRODUCCIÓN

La complejidad de los procesos y actividades empresariales a la cual se enfrenta la logística moderna deriva de la creciente competencia en los mercados y los requerimientos de los clientes, los cuales evolucionan constantemente, así como de la internacionalización de los negocios, siendo solo algunos de los desafíos a los que se enfrentan la mayoría de las organizaciones en la actualidad (Barcik, 2019). Estos nuevos retos incrementan la necesidad en el uso de nuevas herramientas que optimicen los procesos y actividades dentro de las organizaciones.

Según (Barona López & Velasteguí, 2021), la automatización puede definirse como la agrupación de diversos elementos y procedimientos ya sea de naturaleza informática, mecánica o electromecánica, los cuales funcionan con una intervención del ser humano mínima o nula, logrando así la optimización de procesos y actividades.

Existen múltiples aplicaciones de la tecnología RFID en el rubro empresarial para la optimización de procesos y actividades empresariales, por ejemplo en la gestión de costos de mantenimiento, en el fortalecimiento del servicio al usuario, en lo relacionado a la seguridad, en la gestión de datos y en lo relacionado a la logística (Miguelé, 2020); incluso dentro de almacenes en donde se aplica software de gestión de almacenes logísticos.

En la literatura, varios investigadores han presentado distintas perspectivas que han propuesto automatización en la lectura de datos de material; las empresas en el contexto globalizado utilizan tecnologías de código de barras (Isabella, 2021). En este marco, algunos investigadores confirman que el uso de esta tecnología es de gran utilidad en bodegas y almacenes, pero con base a sus investigaciones, su uso conlleva mucho esfuerzo por parte del trabajador (Pérez López, 2015), (Sun, 2009). Por otra parte, algunos investigadores ven un gran potencial en el uso de IoT integrado en la cadena de suministro, poniendo como ejemplo su impacto usando una infraestructura con base en almacenes (Mostafa et al., 2019), en el monitoreo de maquinaria (Motroni et al., 2021) y su aplicación (Liu et al., 2019). También se observa que varios investigadores utilizan la tecnología RFID para su implementación en almacenes de una alta capacidad (Chen et al., 2018), (Fernández-Caramés et al., 2019), en el conteo del material (Barcik, 2019), y en la trazabilidad del material (Henao-Jaramillo et al., 2019). Estas perspectivas resultan

útiles durante la automatización de la lectura de datos del material. Es importante conocer el tipo de tecnología según su utilidad y aplicación para que la lectura de datos sea de forma más rápida, mejorando el rango de tiempo, de manera eficiente y precisa.

En una empresa manufacturera del noreste de México, se realizó un diagnóstico acerca de los tiempos en la lectura del material dentro de un almacén. Se detectó que las operaciones se han vuelto más complejas y con un número cada vez mayor de artículos que deben ser procesados. Los métodos tradicionales y manuales de gestión de almacenes ya no son suficientes ni prácticos. Aunado a ello, la mala administración del tiempo en la gestión de almacenes es un inconveniente ya que conlleva un retraso en el flujo de trabajo.

Por lo anterior, el objetivo de este artículo es presentar la evaluación de la reducción de tiempos del proceso lectura de material en un almacén mediante un sistema de lectura automática desarrollado con tecnología RFID.

## **METODOLOGÍA**

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, experimental y de corte transversal. Se realizó una toma de tiempos del proceso lectura del material con la tecnología tradicional que tenían implementada en la empresa y se realizó la comparación con los resultados de la implementación del. Se implementó en la empresa el sistema de lectura automática con tecnología RFID, y se realizó una nueva toma de tiempos del proceso de lectura de material.

La evaluación de la reducción de los tiempos del proceso lectura de material se llevó a cabo mediante las siguientes fases.

Fase 1. Desarrollo del sistema de lectura automática con tecnología RFID.

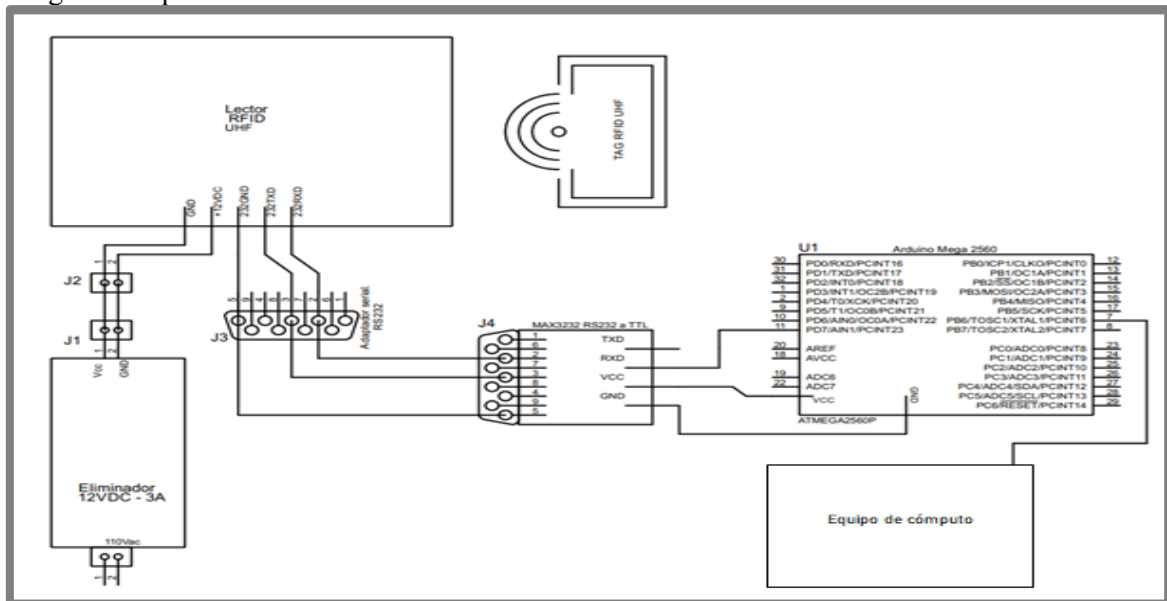
Fase 2. Toma de tiempos del proceso lectura del material.

Fase 3. Análisis estadístico.

### **Fase uno. Desarrollo del sistema de lectura automática con tecnología RFID**

El sistema de lectura automática consta de una parte de hardware y otra de software. De acuerdo con (Tecnipesa, 2021), el hardware de un sistema RFID consta de tres componentes: un tag RFID, un lector RFID y una antena. Se construyó el hardware del sistema RFID mediante el diseño mostrado en la Figura 1.

**Figura 1**  
Diagrama esquemático del circuito RFID



**Se realizaron las pruebas funcionales en los siguientes escenarios:**

Escenario 1: La etiqueta RFID pasa por el lector RFID a una distancia de 50 cm. En este escenario la etiqueta UHF RFID pasó por el lector UHF RFID. El código único de la etiqueta UHF RFID se mostró en el monitor serial del programa Arduino. En este escenario se obtuvo un 85% de efectividad ya que, de 100 tarjetas, pasaron 85 frente a 15 que reflejaron una lectura fallida.

Escenario 2: La etiqueta RFID pasa por el lector RFID a una distancia de 1 metro. En este escenario, la etiqueta UHF RFID pasó por el lector UHF RFID. El código único de la etiqueta UHF RFID se mostró en el monitor serial del programa Arduino. En este escenario se obtuvo un 87% de efectividad ya que, de las 100 tarjetas utilizadas, pasaron 87 frente a 13 que reflejaron una lectura fallida.

Escenario 3: La etiqueta RFID pasa por el lector RFID a una distancia de 1 metro. En este escenario, la etiqueta UHF RFID estaba ubicada detrás de una pared y fue detectada por el lector UHF RFID. El código único de la etiqueta UHF RFID se mostró en el monitor serial del programa Arduino. Se obtuvo un nivel de efectividad del 90%, esto dado que de las 100 tarjetas utilizadas pasaron 90, esto en contraposición a 10 tarjetas que reflejaron una lectura fallida.

Escenario 4: La etiqueta RFID pasa por el lector RFID a una distancia de 1 metro. En este escenario, la etiqueta UHF RFID estaba ubicada tras una lámina de aluminio y fue detectada por el lector UHF RFID. El código único de la etiqueta UHF RFID se mostró en el monitor serial del programa Arduino. En este escenario, se obtuvo un 76% de efectividad dado que de las 100 tarjetas utilizadas pasaron 76, esto en contraposición a 24 que reflejaron una lectura fallida.

Con base en los escenarios que se realizaron como pruebas funcionales se concluye que hay una efectividad, pero hay que considerar la ubicación e instalación en la empresa para que de esta manera no se tenga interferencias y se realice un buen funcionamiento.

El software de un sistema RFID consta de tres componentes: un módulo de lectura y decodificación, una interfaz y una base de datos. Se diseñó el módulo de lectura y decodificación, en donde la interfaz de conexión recibe la información del lector RFID, decodifica la señal y almacena la información en la base de datos. La interfaz de conexión es capaz de registrar el número serial de un nuevo tag RFID, dar de alta la nueva cantidad de accesorios que entra al almacén y dar de baja la nueva cantidad de accesorios que sale del mismo. La base de datos almacena de forma estructurada la información de los accesorios en un sistema informático. De esta manera, se puede consultar el registro de la lista de órdenes, consultar las entradas y salidas de los accesorios del almacén, así como también consultar los accesorios disponibles que tiene el almacén. La base de datos recibe y envía la información a la interfaz de conexión y a la aplicación web. El software del sistema RFID es una aplicación web que se almacena en un servidor y se entrega a través de internet mediante una interfaz de navegador. La interfaz de entrada de material se muestra en la Fig. 2.

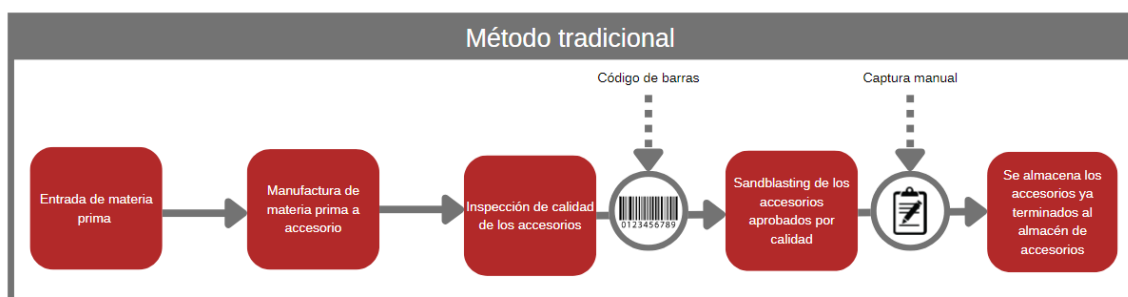
**Figura 2**  
Interfaz de entrada de material

LISTA DE ACCESORIOS QUE HAN ENTRADO						
N° DE ORDEN	TARJETA	ID DE ACCESORIO	IMAGEN DE REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	FECHA Y HORA DE ENTRADA
11223406	60597	62322002		35.72 in x 7 in x 1 in	27	2023-03-31 13:57:03
11223403	60590	42087202		125.045 in x 57.4 in x 5 (1/6) in	5	2023-03-27 12:17:24
11223402	60596	42087401		7 in x 3 (1/4) in x 5 (1/16) in (DOBLEZ) x (1/8) in	80	2023-03-27 12:11:35

**Fase dos. Toma de tiempos del proceso lectura del material**

Para que la toma de tiempos sea realizada de forma exitosa, es necesario contar con una serie de implementos y elementos que posibilitan el desarrollo de un estudio de tiempos, siendo éstos: equipo para el estudio de tiempos, selección del operario, posición del observador y la división de la operación en elementos (W. Niebel & Freivalds, 2009). En la Figura 3 se muestran los elementos seleccionados para la toma de tiempos del proceso lectura de material mediante el método tradicional.

**Figura 3**  
Elementos del método tradicional



En la Figura 4 se muestran los elementos seleccionados para la toma de tiempos del proceso lectura de material mediante el sistema de lectura automática con tecnología RFID.

**Figura 4**

Elementos del método de sistema de lectura automática con tecnología RFID



El procedimiento de la toma de tiempos del proceso lectura del material se llevó a cabo de la siguiente manera. Al inicio del estudio, se registra la hora del día en minutos completos de un reloj “maestro” al mismo tiempo que se inicia el cronómetro. Se usó la técnica con regreso a cero, después de leer el cronómetro en el punto de quiebre de cada elemento, el tiempo del reloj se regresa a cero; cuando ocurre el siguiente elemento, el tiempo se incrementa a partir de cero (Katherine Lissette Bravo Arroyo et al., 2018). La toma de tiempos se llevó a cabo durante 12 semanas a partir del 12 de diciembre del 2022 hasta 03 de marzo del 2023. El formato se llenó de lunes a viernes únicamente en el primer turno, siendo éste el único del área de preparación de accesorios. A partir de las fechas se tomó una muestra de los 100 promedios tanto del método tradicional como del sistema RFID. Toda la información se registró en la forma de estudio de tiempos, en la Figura 5 se muestra la forma de estudio de tiempos utilizada.

**Figura 5**

Forma de estudio de tiempos

TOMA DE TIEMPOS							
Turno:					Tak time:		
Fecha:					Numero de procesos:		
Nombre del accesorio							
Entrada de materia prima	Manufactura de materia prima a accesorios	Inspeccion de calidad de los accesorios	Etiquetado	Sanblasteo de los accesorios aprobados por calidad	Captura de datos	Almacenaje en el almacen de accesorios de los accesorios ya ensanblasteados	Promedio

En el proceso de toma de tiempos fueron utilizadas 50 etiquetas RFID en las cuales se registró



información concerniente a la cantidad de accesorios, su nombre, ID y el número de la tarjeta asociada a éstos. Como resultado se obtuvo un grupo de datos desde el cual se calcularon los promedios del método tradicional y del método de sistema de lectura automática con tecnología RFID. Se obtuvieron 100 mediciones del método tradicional y 100 mediciones del método de sistema de lectura automática con tecnología RFID.

### **Fase tres. Análisis estadístico**

Una vez recolectada la información, para poder analizar e interpretar los datos obtenidos de los promedios correspondientes al Tabla 1.2, se realizó un análisis estadístico. Para elegir una prueba estadística adecuada para el análisis estadístico se tuvo que elegir entre una prueba paramétrica y una prueba no paramétrica; hay que tener en cuenta que una prueba paramétrica únicamente se puede utilizar si los datos muestran una distribución normal, mientras que una prueba no paramétrica se encargan de analizar datos que no tienen una distribución particular (Mayorga-Ponce et al., 2022). Partiendo de esto, es necesario comprobar la normalidad de los datos.

Se realizó la prueba de normalidad por el método de Anderson – Darling para comprobar estadísticamente que los datos siguen una distribución normal. Se hizo una prueba para cada tipo de método antes de la prueba de hipótesis, siendo que dicho proceso partió de la definición de una hipótesis nula, una hipótesis alternativa y una regla de decisión. Estas se especifican a continuación:

*H<sub>0</sub>: Los datos siguen una distribución normal.*

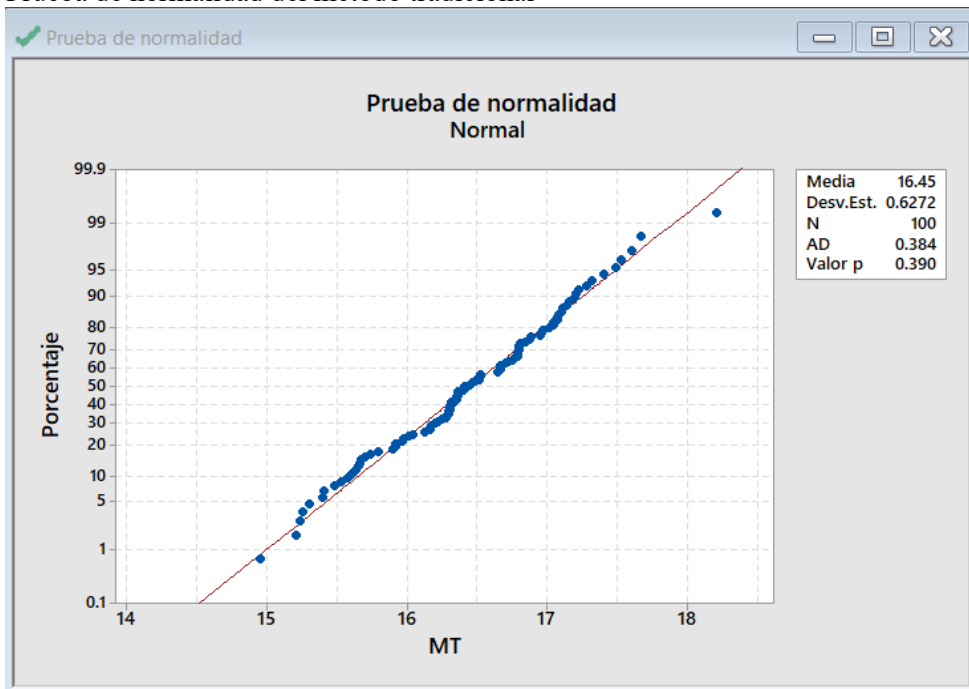
*H<sub>1</sub>: Los datos NO siguen una distribución normal*

*Regla de decisión:  $p < \alpha \rightarrow$  Se rechaza H<sub>0</sub>*

*Nivel de significancia ( $\alpha$ ) = 0.05*

En la Figura 6 se muestra la prueba de normalidad de MT (Método tradicional).

**Figura 6**  
Prueba de normalidad del método tradicional

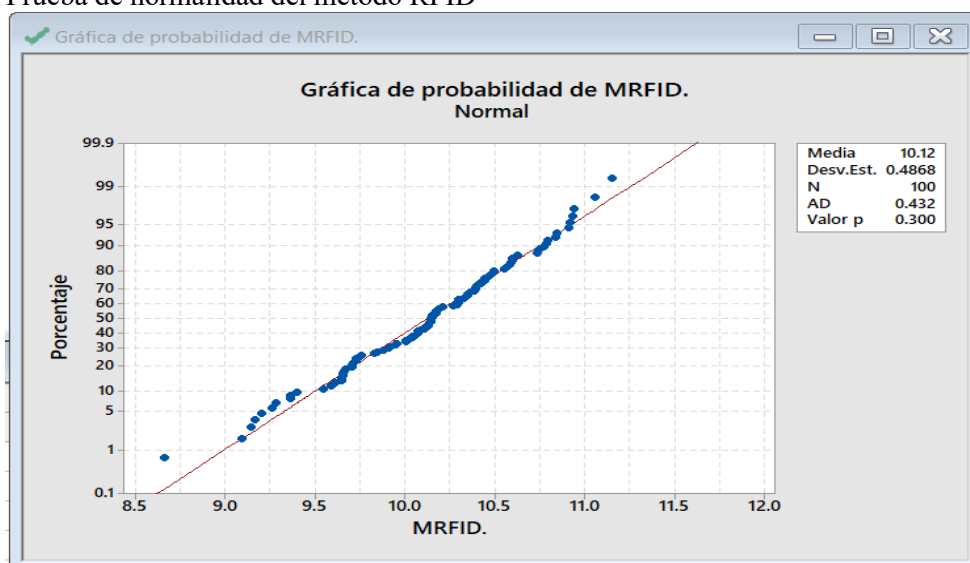


En donde el valor  $p$  se compara con la regla de decisión:

$$0.390 > 0.05$$

Se puede concluir que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, que los datos del método tradicional siguen una distribución normal. En la Figura 7 se muestra la prueba de normalidad de MRFID (Método RFID).

**Figura 7**  
Prueba de normalidad del método RFID



En donde el valor  $p$  se compara con la regla de decisión:

$$0.300 > 0.05$$

Se puede concluir que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, que los datos del método RFID siguen una distribución normal. Una vez que se confirma que las dos muestras siguen una distribución normal, se elige una prueba paramétrica para el análisis estadístico.

El análisis estadístico constó de las siguientes actividades:

1. Prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias
2. Porcentaje de disminución de tiempos.

La primera actividad se usó para demostrar si existe evidencia estadística de la disminución de tiempo al comparar las dos medias de cada uno de los grupos de datos recolectados, mientras que la segunda actividad para obtener el porcentaje de disminución que se tuvo, en caso de que éste si se diera.

Se llevó a cabo una prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias, que en esencia consiste en el contraste de las medias de dos muestras con la finalidad de comprobar la hipótesis nula de igualdad de las medias de ambos grupos (Triola, 2018).

Dado esto, es importante hacer una prueba de hipótesis para estadísticamente comprobar el cumplimiento de la hipótesis y los objetivos de la investigación. Es importante repasar las siguientes suposiciones necesarias para aplicar la prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos muestras:

- Las poblaciones siguen distribuciones normales.
- Las dos muestras no están relacionadas, es decir, son independientes.
- Se conoce la desviación estándar de las dos poblaciones.
- El tamaño de la muestra es grande ( $n > 30$ )

Dados estos requisitos, se observa que los datos a analizar corresponden a dos muestras independientes sobre las que se conoce la desviación estándar y cuyo tamaño de muestra es mayor a 30, además de que los datos siguen una distribución normal. Dado lo anterior, los datos a analizar cumplen con la totalidad de los parámetros para aplicar la prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias. En este sentido se inicia la prueba partiendo del cálculo de la varianza que se obtuvo en el software Minitab. En la Tabla 1 se muestra las medidas de dispersión.

**Tabla 1**  
Medidas de dispersión

	<b>Método Tradicional</b>		<b>Método RFID</b>
<b>Media</b>	16.451	Media	10.123
<b>Desviación estándar</b>	0.627	Desviación estándar	0.487
<b>Promedio total</b>	16.45	Promedio total	10.12
<b>Varianza</b>	0,3935	Varianza	0,2375

Seguido a esto, se proponen las hipótesis en función de las cuales se orienta la prueba. La hipótesis nula ( $H_0$ ) hace referencia a que no hay diferencia entre los promedios de los tiempos entre el método tradicional y el método RFID. La hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es que los promedios de los tiempos del método tradicional son mayores que los promedios de los tiempos del método RFID, tal como se detalla a continuación:

$$H_0 \rightarrow \mu_x = \mu_y$$

$$H_1 \rightarrow \mu_x > \mu_y$$

Donde:

$$\mu_x = MT \text{ (Método tradicional)}$$

$$\mu_y = MRFID \text{ (Método RFID)}$$

O en términos numéricos, la hipótesis nula ( $H_0$ ) propone que no existe diferencia entre los promedios de ambos métodos, es decir, esta equivale a cero. En contraposición, la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) al proponer que los promedios de los tiempos del método tradicional son mayores que los promedios de los tiempos del método RFID, en términos numéricos implica que la diferencia entre el promedio del método tradicional y el método RFID es superior a cero.

$$H_0 \rightarrow \mu_x - \mu_y = 0$$

$$H_1 \rightarrow \mu_x - \mu_y > 0$$

Donde:

$$\mu_x = MT \text{ (Método tradicional)}$$

$$\mu_y = MRFID \text{ (Método RFID)}$$

A continuación, se establece el nivel de significancia, el cual se entiende como el límite en función del cual se interpreta que un valor es estadísticamente significativo (Triola, 2018). Para la prueba propuesta, este nivel es del 0.05, lo que implica que el resultado a obtener debe tener menos de un 5% de probabilidad de que ocurra producto de la casualidad, esto para considerarse significativo estadísticamente. Posteriormente se define el tipo de prueba, es decir si la prueba es bilateral o si la prueba es unilateral, como nuestras hipótesis son: ( $H_0 \rightarrow \mu_x = \mu_y$ ;  $H_1 \rightarrow \mu_x > \mu_y$ ), y teniendo en cuenta la hipótesis alternativa propuesta, se trabajará con una prueba unilateral con cola derecha (Montero Granados, 2007). Tras esto, se debe de definir el estadístico de prueba, es importante tener en cuenta que la fórmula de este varía en función del estadístico de prueba a utilizar. En este caso, al trabajar con Z para la diferencia de dos medias, se trabaja con la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

$(\bar{x}_1), (\bar{x}_2)$  = Medias muestrales de la muestra 1 y 2 respectivamente.

$(\mu_1 - \mu_2)$  = Valor que se somete a prueba y que se especifica en las hipótesis nula.

$(\sigma_1), (\sigma_2)$ : Desviación estándar de la muestra 1 y 2 respectivamente.

$(n_1), (n_2)$ : Tamaño de la muestra 1 y 2. Valores mayores a 30.

Dado esto, al aplicar la fórmula se obtiene el siguiente estadístico de prueba:

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

$$\bar{x}_1 = 16.451$$

$$\bar{x}_2 = 10.123$$

$$\mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$\sigma_1 = 0.627$$

$$\sigma_2 = 0.487$$

$$n_1 = 100$$

$$n_2 = 100$$

Entonces:

$$Z = \frac{(16.451 - 10.123) - (0 - 0)}{\sqrt{\frac{0.627^2}{100} + \frac{0.487^2}{100}}}$$

$$Z = 79.2064$$

Teniendo el estadístico de prueba  $Z$ , se calcula la región crítica, también llamada región de rechazo:

$$Z > Z_\alpha$$

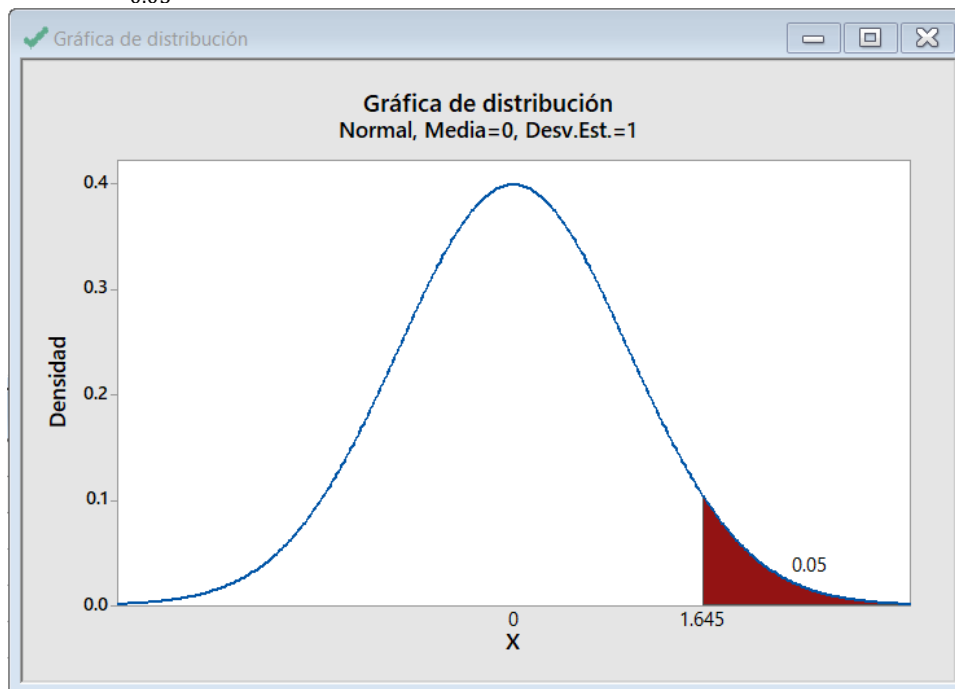
Es decir que, nuestra regla de decisión menciona que si  $Z > Z_\alpha$  la  $H_0$  deberá de rechazarse y aceptarse la  $H_1$ . Entonces tenemos lo siguiente:

$$79.2064 > Z_{0.05}$$

En Minitab se obtiene el valor de  $Z_{0.05}$ , como se muestra en la Figura 8

### Figura 8

Valor de  $Z_{0.05}$



Retomando el valor del estadístico de prueba, es decir, 79.2064 y partiendo de que el estadístico de prueba dio como resultado 1.645, es decir:

$$79.2064 > Z_{0.05}$$

$$\boxed{79.2064 > 1.64}$$

## RESULTADOS

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), donde menciona que los promedios de los tiempos del método tradicional son mayores que los promedios de los tiempos del método RFID. En otras palabras, se concluye con 95% de confianza que hay evidencia de que el método tradicional conlleva más tiempo en realizar el proceso, mientras que el método RFID tiene un menor tiempo en la realización del mismo. Dado esto, se comprueba que hay una reducción de tiempos si se cambia el método tradicional por el método de sistema de lectura automática con tecnología RFID.

Una vez que se confirmó que existe evidencia estadística sobre la disminución de tiempos, se tiene que calcular el porcentaje de disminución. El porcentaje de disminución indica cuánto bajó una cantidad, expresada como porcentaje de la cantidad inicial, en donde la fórmula que se usa para obtener el porcentaje de disminución es:

$$\text{Porcentaje de disminución} = \left( \frac{\text{Cantidad final} - \text{Cantidad inicial}}{\text{Cantidad inicial}} \right) \times 100$$

Usando los promedios totales del Anexo B se va a obtener el porcentaje de disminución, en donde el procedimiento es el siguiente:

Datos:

$$\text{Cantidad inicial} \rightarrow \text{Promedio total MT} = 16.45$$

$$\text{Cantidad final} \rightarrow \text{Promedio total MRFID} = 10.12$$

$$\text{Porcentaje de disminución} = \left( \frac{\text{Cantidad final} - \text{Cantidad inicial}}{\text{Cantidad inicial}} \right) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de disminución} = \left( \frac{10.12 - 16.45}{16.45} \right) \times 100$$

$$\boxed{\text{Porcentaje de disminución} = -38.48}$$

Se concluye que hubo una disminución del 38% al sustituir el método tradicional basado en código de barras con el método RFID el cual es un sistema de lectura automática con tecnología RFID.

## CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación de la reducción de tiempos en la lectura del material mediante un sistema de lectura automática desarrollado con tecnología RFID. Para ello, fue necesario primero el desarrollo de un sistema de lectura automática con tecnología RFID, el cual permite obtener información de material sobre sus entradas y salidas en el sistema de forma automática. El sistema de lectura automática con tecnología RFID consto de los siguientes elementos: un tag RFID, un lector RFID, una antena RFID, una base de datos y una aplicación web. Se implementó el sistema de lectura automática con tecnología RFID en una empresa manufacturera del noreste de México, en donde se observó que las operaciones del almacén de accesorios se volvieron más complejas y con un número cada vez mayor de artículos para ser procesados en sus almacenes. Cabe mencionar que tales esfuerzos de investigación y desarrollo tuvieron como objetivo mejorar e implementar la captura de material en la empresa, además de ayudar a los empleados a controlar mejor el proceso y reducir algunos de los errores que ocurren en el registro manual de información. Una vez desarrollado el sistema de lectura automática con tecnología RFID, se realizó la toma de tiempos del proceso lectura de material mediante el método tradicional, código de barras, y del sistema de lectura automática con tecnología RFID. Una vez que se realizó la medición de tiempos se hizo la evaluación mediante una prueba de hipótesis Z para la diferencia de dos medias a una cola y una fórmula de porcentaje de disminución.

El resultado de aplicar la prueba de hipótesis para dos muestras con diferentes medias poblaciones, una cola con Z, menciona que es mayor el tiempo del método tradicional comparándolo con el método RFID, ya que el estadístico de prueba Z (79.2064) fue mayor que el valor de t (1.64). El resultado de aplicar la fórmula para obtener el porcentaje de reducción en el tiempo al implementar el sistema de lectura automática con tecnología RFID, menciona que la reducción de tiempo es de un 38%, afirmando la hipótesis general.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barcik, R. (2019). The importance of RFID technology in Logistics 4.0 in the automotive company. 3(47), 9. <https://doi.org/10.29119/1899-6116.2019.47.2>
- Barona López, G., & Velasteguí, L. E. (2021). Automatización de procesos industriales mediante



- Industria 4.0. AlfaPublicaciones, 3(3.1). <https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80>
- Chen, Y. C., Chu, C. N., Chen, R. S., Sun, H. M., & Ju, P. H. (2018). RFID-based bonded warehouse for Science Park. *International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications*, 5(1), 23. <https://doi.org/10.1504/IJRFITA.2018.091304>
- Fernández-Caramés, T. M., Blanco-Novoa, O., Froiz-Míguez, I., & Fraga-Lamas, P. (2019). Towards an Autonomous Industry 4.0 Warehouse: A UAV and Blockchain-Based System for Inventory and Traceability Applications in Big Data-Driven Supply Chain Management. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(10). <https://doi.org/10.3390/s19102394>
- Guevara, J. A. M., Urquijo, C. A. Z., & Varela, P. D. M. (2022). *Lean Manufacturing. Modelos y herramientas*. Editorial UTP.
- Henao-Jaramillo, D., Montoya-Tamayo, D. A., Alvarez-Rios, Y., & Aristizabal-Tique, V. H. (2019). Implementation of RFID Middleware Based on Client-Multiserver Architecture for Traceability of Autoparts. *IEEE Latin America Transactions*, 17(6), 930–936. <https://doi.org/10.1109/TLA.2019.8896815>
- Isabella, R. (2021). 35 años del código de barras en México; conoce datos relevantes (p. 1).
- Katherine Lissette Bravo Arroyo, Dávila, J. M., & Peñaherrera-Larena, F. (2018). IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS DE TIEMPOS EN EL PROCESO DE COMERCIALIZACIÓN DE LAS EMPRESAS. *EUMED.NET*, 14.
- Liu, H., Yao, Z., Zeng, L., & Luan, J. (2019). An RFID and sensor technology-based warehouse center: assessment of new model on a superstore in China. *Assembly Automation*, 39(1), 86–100. <https://doi.org/10.1108/AA-09-2018-0144>
- Mayorga-Ponce, R. B., Graciano-Ventura, D. C., Hernández, A. M., M., P., Moctezuma-Jiménez, Pérez-Galindo, B., & Roldan-Carpio, A. (2022). Cuadro comparativo de Análisis Paramétrico y No Paramétrico. *Educación y Salud Boletín Científico*, 10.
- Miguel, A. (2020). PRINCIPALES APLICACIONES DEL IOT EN LAS EMPRESAS. *Neuroons*.
- Montero Granados, R. (2007). CONTRASTE DE HIPÓTESIS.
- Mostafa, N., Hamdy, W., & Alawady, H. (2019). Impacts of internet of things on supply chains:

A framework for warehousing. *Social Sciences*, 8(3).

<https://doi.org/10.3390/socsci8030084>

Motroni, A., Buffi, A., Nepa, P., Pesi, M., & Congi, A. (2021). An action classification method for forklift monitoring in industry 4.0 scenarios. *Sensors*, 21(15), 1–20.

<https://doi.org/10.3390/s21155183>

Ortega, C. (2021). ¿Qué es el Ciclo PDCA y cómo funciona? TuDashboard.

Pérez López, E. (2015). PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO EN INDUSTRIA MANUFACTURERA DE PRODUCTOS DE HIGIENE PERSONAL EN COSTA RICA. *InterSedes*, 16(34).

<https://doi.org/10.15517/isucr.v16i34.22571>

Sun, H. Y. (2009). The application of barcode technology in logistics and warehouse management. *Proceedings of the 1st International Workshop on Education Technology and Computer Science, ETCS 2009*, 4. <https://doi.org/10.1109/ETCS.2009.698>

Tecnipesa. (2021). Qué es y cómo funciona la tecnología RFID.

Triola, M. F. (2018). *Estadística*. Pearson.

W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*.