

Acceso a la información y entrenamiento de operarios mediante industria 4.0

Alejandra Sánchez, Nicolas Talero

Tutor: Andrés Santos

Facultad de Ingeniería Industrial,
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá. Colombia.

ABSTRACT

El acceso a la información de los procesos estandarizados y el entrenamiento de los empleados, son problemas que las empresas colombianas presentan, especialmente las de la industria del acero. Según el DANE en el 2018 estas empresas solo invertían un 0.64% de sus utilidades en formación y capacitación de empleados. Este bajo porcentaje de inversión trae como consecuencia entrenamientos poco eficientes, lo que conlleva a una falta de conocimiento por parte del operario de los procesos estandarizados. Esta investigación tiene como objetivo darle solución a este problema al disminuir el tiempo y los costos del entrenamiento de operarios en una empresa especializada en la manufactura de clavos, a través de la industria 4.0, haciendo uso de la realidad aumentada aplicada a uno de sus procesos en el área de Laminadoras, la cual se basa en una aplicación con interfaz tipo videojuego que llevará al empleado a interactuar de manera didáctica con los procesos documentados por la empresa en una página web creada mediante Google Sites, a la cual se tendrá acceso mediante un código QR y consecuentemente a dicha aplicación, obteniendo un entrenamiento eficaz y en menor tiempo, disminuyendo costos en capacitación, y una mayor gestión del conocimiento sobre la información de los procesos de la empresa.

Palabras clave: Códigos QR, entrenamiento de operarios, industria 4.0, información en operaciones, realidad aumentada.

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la primera Revolución Industrial, el entrenamiento de los empleados en las empresas era un tema de poca relevancia y no existía una manera formal de hacerlo. La persona con mayor conocimiento era la encargada de instruir a los nuevos empleados en el tema desde su experiencia, creando así brechas en la enseñanza y una estructura de aprendizaje débil provocando que el empleado esté expuesto a cometer errores causando costos extra para la organización.

En la actualidad, la capacitación de los empleados es considerada como una inversión estratégica más que un costo presupuestado ya que el correcto entrenamiento de los empleados se correlaciona con el éxito a largo plazo. (R. Wayne Mondy).

Sin embargo, en Colombia, actualmente, se invierte menos del 1% del PIB en tecnología [1], lo cual contribuye a la necesidad de generar cambios en las empresas colombianas, aplicando

métodos innovadores para la solución de problemáticas como la correcta gestión del conocimiento y el entrenamiento de empleados.

Además, algunas empresas presentan dificultades en el fácil acceso a la información para la formación y entrenamiento correcto de cada uno de los procesos por parte de los operarios por lo que tienden a cometer errores, desviándose del estándar estipulado por la compañía. Asimismo, estas no ven las diferentes oportunidades para el desarrollo de un nuevo entrenamiento basado en tecnología.

Es por lo antes expuesto, que la presente investigación busca dar respuesta al siguiente interrogante: ¿cuáles son los principales problemas que se presentan en la industria para el entrenamiento de personal?

A partir del problema antes señalado y bajo una investigación de tipo aplicada tecnológica, se desarrolla el análisis de caso en una empresa manufacturera de clavos para herraduras colombiana, donde los procedimientos por máquina se encuentran documentados mediante hojas de instructivos de trabajo. Sin embargo, el lograr que los operarios acudan al documento al momento de realizar sus labores no ha tenido mucho éxito por lo que tienden a llevarlas a cabo de manera incorrecta, logrando una formación deficiente y no acorde con los estándares. Para el entrenamiento de los operarios es necesaria la interacción con las máquinas, por lo que un procedimiento mal ejecutado, pone en riesgo la seguridad del trabajador y genera pérdidas debido a costos adicionales.

Se propone disminuir los tiempos y costos de entrenamiento de los operarios, además de tener un acceso más rápido y sencillo a la información de los procedimientos realizados mediante una aplicación en la cual esté almacenada de forma más fácil y organizada la información de cada uno de los procedimientos de la empresa del área de producción, con el fin de que mediante un código QR ubicado en las máquinas, el operario pueda leerlo y acceder a esta información sobre los procedimientos que se llevan a cabo en la máquina en la que se encuentra. Esta aplicación también será utilizada por las personas encargadas de auditar el proceso de entrenamiento, ya que contará con un checklist en cada hoja de instructivos de trabajo donde podrá verificar que el proceso que esté realizando de la manera correcta, brindando seguimiento y trazabilidad. Asimismo, mediante un pilar de la industria 4.0 como lo es realidad aumentada el operario pueda tener un entrenamiento de manera más dinámica y en el momento en el que él lo desee sobre la hoja de instructivos de trabajo que vaya a desarrollar.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Industria 4.0

Entre los siglos XVIII y XIX, la industria ha estado cambiando, con la llegada de la primera revolución industrial donde la mecanización de los procesos y la máquina de vapor transformaron la manera en que se producía y transportaban los materiales a comparación de los procesos manuales que se realizaban en esa época. Luego en 1870, con la aparición de la producción en masa, la división de tareas y la cinta transportadora llega la segunda revolución. Después de esta, en 1969, basada en la electrónica y robótica para lograr una

producción automatizada llega la tercera revolución, para así llegar a la más reciente cuarta revolución industrial o también llamada “industria 4.0”.

La industria 4.0 combina el mundo real de la producción con el mundo virtual de tecnología de la información y la comunicación; por lo tanto, procesos industriales tradicionales son complementados y optimizados por el mundo digital. Esto crea la base para la fabricación de la serie de productos con un alto nivel de calidad y con un alto nivel de personalización [2].

Esta industria trae consigo nueve tendencias tecnológicas que forman los componentes básicos de la Industria 4.0. que son: Big Data, Robots Autónomos, Simulación, Sistema de integración horizontal y vertical, el internet de las cosas, Ciberseguridad, Cloud Computing, Fabricación Aditiva y Realidad Aumentada. [3].

Aparte de esto, uno de los complementos que se desarrolló en esta cuarta revolución industrial fueron los códigos QR (Quick Response), los cuales son un sistema para almacenar información en un código de barras bidimensional que se caracteriza por los tres cuadrados que se encuentran en las esquinas y que permiten detectar la posición del código al lector. Dicho código se puede leer mediante un teléfono móvil tipo smartphone provisto de la aplicación correspondiente, a través de su cámara fotográfica. Su lectura permite al teléfono móvil comunicar una dirección, unos datos de contacto o abrir una página web, si el teléfono dispone de conexión a internet; simplemente basta con pasar el móvil por encima de dicho código para que lo lea. [4]. Estos códigos se han tenido grandes aplicaciones a nivel industrial, sobre todo a nivel logístico y marketing acompañado de la realidad aumentada.

2.2 Realidad aumentada

Es un sistema interactivo que tiene como entrada la información del mundo real y superpone a la realidad nueva información digital en tiempo real, esta información virtual pueden ser imágenes, objetos 3D, textos, videos etc. Durante este proceso, la percepción y el conocimiento que el usuario tiene sobre el mundo real se ve enriquecido [5].

La realidad aumentada no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesta al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta. [6].

Está, tiene aplicaciones prácticamente en cualquier industria, aunque el Marketing ha sido de las primeras en adoptarla como herramienta para crear experiencias con los consumidores. Otras industrias que la están aprovechando son la automotriz, la medicinal, la educativa y la moda [7]. Para esta investigación se pretende dar una aplicación para el entrenamiento de operarios de procesos industriales.

2.3 Entrenamiento de operarios de procesos industriales

Muchas empresas consideran que la formación es una actividad superflua, algo que se puede reducir o eliminar para alcanzar las metas de beneficio en situaciones que demandan austeridad económica, y en la mayoría de casos, en los que se invierte en formación de personal, esta se enfoca principalmente a desarrollar habilidades específicas para un trabajo

en un operario, ignorando que la formación y su carácter integral acerca del proceso productivo, es un componente esencial de los sistemas de trabajo de alto rendimiento, ampliamente comprobado, verbigracia las exitosas industrias japonesas. [8]

Los métodos de enseñanza se realizan mediante la explicación de manuales o a través de la experiencia de los empleados que llevan más tiempo realizando los procedimientos, por lo cual no es muy rigurosa la capacitación lo que puede generar desperdicio de material, accidentes, retrasos del proceso productivo de la persona, lo que a la empresa representa a nivel económico gastos y pérdidas. Para esto, las empresas podrían utilizar las diferentes herramientas como lo son realidad aumentada para tener una mejor experiencia y de una manera más económica.

2.4 Entrenamiento de operarios de procesos industriales y la realidad aumentada

La realidad aumentada para el entrenamiento de los operarios es un avance significativo para las industrias ya que “la aplicación de las tecnologías inmersivas favorece un aprendizaje mental y locomotriz más efectivo. De ahí su potencial como método de formación y entrenamiento de trabajadores, sin asumir el riesgo y el coste que supone hacerlo directamente en los procesos de fabricación final.” [9]. Es decir, al utilizar la realidad aumentada no solo capacitará de mejor manera la operaria, sino que puede dar un acompañamiento en el momento que desee para la verificación de que el proceso se esté efectuando de manera correcta, disminuyendo errores y teniendo una mayor eficiencia operativa por parte de los empleados.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diagnóstico

3.1.1 Antecedentes de la compañía y el proceso

Según la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), durante el año 2019, la industria manufacturera tuvo un comportamiento moderado con cifras positivas, pero ligeramente inferiores frente al panorama que se vivió en el 2018 en el sector.

Las cifras comprueban ese descenso productivo. El año pasado, el sector industrial presentó un crecimiento de 1,6%, 0,2% menor al registrado en el 2018. Este menor desempeño obedeció principalmente a una desaceleración en los algunos subsectores, entre estos, productos metalúrgicos básicos (1,6% vs 2,9% en el 2018) y otras industrias manufactureras (1,7% vs 2,9% en el 2018). [10]

Con esto en mente, en una industria manufacturera, esta investigación, es de gran beneficio pues lograrán tener mayor disponibilidad de capital para las necesidades de la empresa y mayor tiempo productivo, lo cual ayudará al crecimiento de la industria.

La empresa en la cual se realizó esta investigación, hoy en día, opera en 16 países con 11 fábricas. La producción principal incluye: clavos para herraduras, herraduras, escofinas y herramientas para herradores, así como herraduras terapéuticas para caballos. En este campo, tiene actividad en casi 100 países de todo el mundo, ofreciendo algunos de los productos de más alta calidad en el mercado.

Con el fin de ayudar al crecimiento de la empresa y mantener sus altos estándares de calidad y productividad, se busca crear mejoras, en este caso a través de la formación y capacitación de los operarios. En Colombia, el 80 % de las empresas tiene programas de capacitación para sus trabajadores, el 22 % asigna menos de \$ 5 millones al año a capacitar a sus trabajadores; 17 %, entre \$ 5 y \$ 20 millones, y 11 %, entre \$ 21 y \$ 50 millones. [11] Con la aplicación a implementar, se busca una capacitación más sencilla y de gran beneficio. Además, contribuir al crecimiento de la formación de empleados con el uso de las nuevas tecnologías que cada vez son más accesibles y están generando cambios positivos en las industrias.

3.1.2 Proceso actual

El proceso actual de entrenamiento realizado en la empresa se basa en la metodología ILUO. La cual es una metodología de entrenamiento japonesa en donde su significado es: **I**: El trabajador realiza la operación y cumple entre el 70 – 80 del tiempo estándar, además conoce los elementos clave de su operación; Es particularmente útil con trabajadores de nuevo ingreso. **L**: Realiza la operación respetando la secuencia sin equivocarse, además cumple con el tiempo estándar y con los requisitos de calidad. **U**: Explica la razón de los puntos clave y tiene conocimientos para explicarle a otros operadores su operación, esta persona puede capacitar a los operadores en un nivel I y L, mejorando el tiempo y la calidad y **O**: Aquellas personas que ya han acreditado todos los niveles de habilidad y recibieron una certificación de Training The Trainers. Trae como beneficios, lograr la continuidad operativa, hacer de los departamentos entidades productivas, potencializar el trabajo de los supervisores, crear condiciones para mantener motivados a los operadores, cumplir con objetivos de costo y calidad y la reducción de desperdicios. [12]

Es importante aclarar, que es un proceso largo que requiere de dos personas: el entrenador y el entrenado. En la empresa se lleva a cabo de la siguiente manera, en una primera instancia el entrenador hace y explica la operación, en segunda instancia, el entrenador hace la operación sin explicar esperando que sea el entrenado sea el que haga la explicación. En una tercera instancia, el entrenado hace la operación a la vez que el entrenador explica, y por último el entrenado es quien hace la operación y la explica de igual manera.

En el último año se llevaron a cabo 400 horas de entrenamiento, cada hora tiene un costo aproximado de \$8.600 partiendo de que el salario de un operario es de 1'100.000 más el 50% de prestaciones, obteniendo un total de 1'650.000. El operario trabaja 48 horas semanales, lo que traduce a 192 horas al mes. En donde, dividiendo 1'650.000 en 192 horas se obtiene un valor de \$8.600.

Cada entrenamiento varía de acuerdo con el proceso que se lleve a cabo, por lo cual, el tiempo de este va a ser diferente. Hay unos complejos que pueden llegar a durar hasta 10 horas, como el cambio de referencia en laminadoras, mientras que hay unos más sencillos que pueden durar 30 minutos. Teniendo en cuenta esto, el costo total de entrenamiento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de entrenamiento} = \$8600 \times \text{duración del entrenamiento} \times 2$$

Estos costos de entrenamiento llegan a ser elevados debido a la necesidad de dos recursos para ello.

3.1.3 Metodología

3.1.3.1 Recopilación de datos

Las áreas escogidas para realizar la investigación fueron tres: Laminado, Prensado y Rectificado, debido a que son las áreas con mayor producción y movimiento pues las referencias son las más demandadas en el mercado.

La empresa cuenta con toda la documentación requerida de cada proceso, por lo que teniendo en cuenta las necesidades de esta, ellos proporcionaban la información requerida para el proyecto a realizar. Debido a la confidencialidad de la misma, brindaron un correo con acceso a los documentos a utilizar.

Para la realización del programa de realidad aumentada, se tomó uno de los procesos que hay en el área de laminadoras, el cual es el Ajuste de Troquel Corte Punta debido a que la empresa cuenta con una máquina para realizar los entrenamientos o pruebas necesarias sin tener que afectar la producción de la empresa. Además, cuenta con los modelos 3D de las máquinas puesto que son fabricadas por ellos, lo cual fueron también compartidos para la creación del aplicativo.

3.1.3.2 Google Sites

Por motivos de confidencialidad, se creó una página web mediante la herramienta Google Sites, debido a que todos los documentos enfocados al entrenamiento se encuentran cargados en esta plataforma. Solo los empleados de la empresa tendrán acceso mediante las tablets que se encuentran en cada puesto de trabajo. Habrá un código QR en cada máquina, el operario o auditor podrá leerlo y este lo dirigirá a la ventana de competencias donde podrá buscar la LUP o HIT requerida.

Google Sites es una herramienta que ofrece Google con el fin de crear páginas web de manera sencilla y de fácil edición en caso de cambios. Una vez creada la seguridad de la información, que es un tema de gran importancia para las empresas, está garantizada al guardarse en Drive. Además, el acceso puede ser restringido y permitir que ingresen únicamente las personas con las que realmente se quiere compartir el contenido.

La estructura del sitio web, cuenta con tres páginas principales, la primera y principal, es la de las áreas, donde se pueden encontrar tres botones por área, Prensado, Laminado y Rectificado.



Ilustración 1 Página principal en Google sites

Una vez se opriman alguno de estos botones, se dirigirá a la página sistemas por máquina, la cual estará vinculada en el código QR.



Ilustración 2 Pagina sistemas por máquina de prensado

Teniendo en cuenta el sistema, podrá buscar la competencia que necesite.



Ilustración 3 Pagina por competencia del sistema de encabezado

De acuerdo con la competencia, encontrará todos los documentos hojas de instructivos de trabajo o lecciones de un punto referentes a esta. Al dar click sobre alguno de los botones, se dirigirá inmediatamente al documento. También, en esta ventana el auditor podrá encontrar un checklist para realizar el proceso de auditoria y el enlace al entrenamiento mediante realidad aumentada.

3.1.3.3 SolidWorks

Para la realización del aplicativo, es necesario tener las diferentes maquinas utilizadas en el proceso en formato 3d para poder llevarlo a realidad aumentada, para esto se utilizó SolidWorks, el cual es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. [13]

Debido a que la empresa cuenta con las piezas de las maquinas en SolidWorks se arranca con la construcción de las demás piezas que no se tienen y que son necesarias para el desarrollo del programa como lo son las llaves Bristol y la prensa de banco. (La creación de las piezas se pueden hacer en el programa que se mencionará más adelante para ahorrar un paso a la hora de llegar al programa donde se realizara la realidad aumentada pero debido a que se tiene mayor conocimiento y habilidad sobre este programa se desarrollaron las piezas adicionales ya mencionadas).

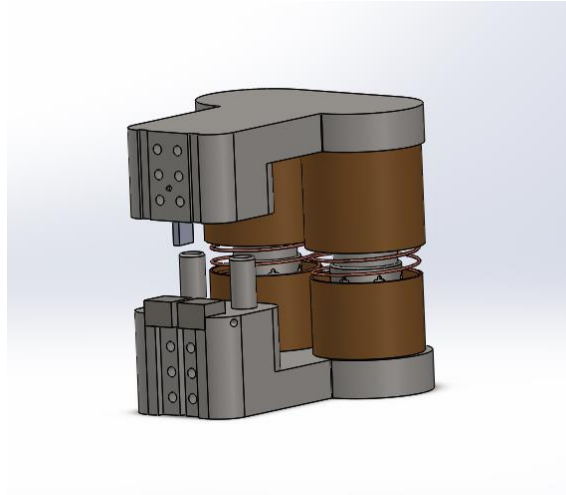


Ilustración 4 Ensamble troquel de corte punta



Ilustración 5 Llave Bristol

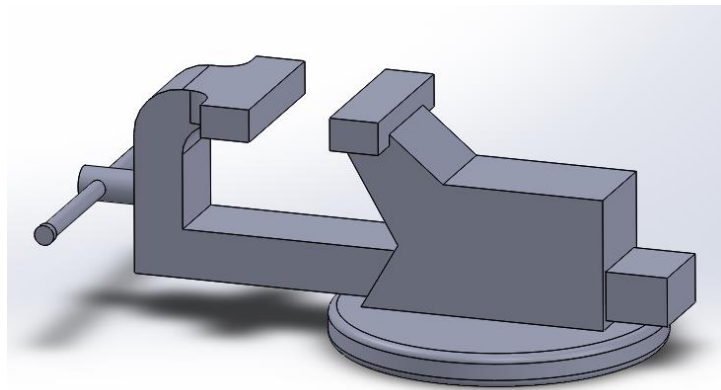


Ilustración 6 Prensa

Luego de tener las piezas armadas se tienen que guardar como archivo STL para poder exportarlo al siguiente programa. Debido a que de SolidWorks a Unity que es el programa donde se creara la aplicación en realidad aumentada no se puede exportar directamente los objetos en 3D se pasara por Blender.

3.1.3.4 Blender

Es un programa informático multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales [14] . Acá se importa cada uno de los modelos en 3D de SolidWorks. Al hacer esto se realizan los siguientes ajustes de tal manera que se tenga un aspecto más suave y definido del sólido.

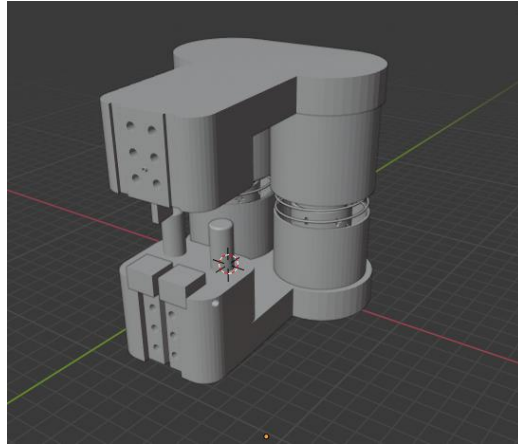


Ilustración 7 Ensamble troquel de corte punta importado sin modificar en Blender

Gracias a la función Shade Smooth, genera el efecto que da la impresión de que una superficie o área parece curvada o tiene una apariencia orgánica.

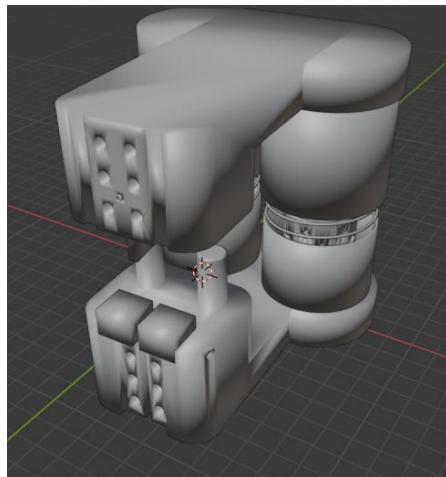


Ilustración 8 Ensamble troquel de corte punta con la función Shade Smooth

Luego se utiliza la herramienta Edge Split la cual crea el control manual del proceso de suavizado, donde el usuario define qué bordes deben aparecer suaves o nítidos

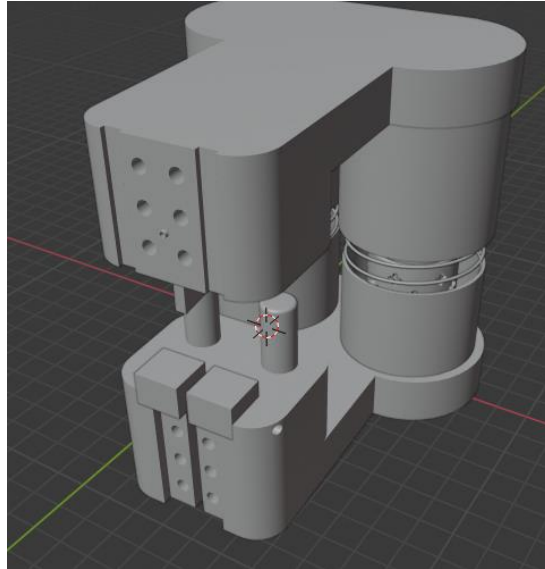


Ilustración 9 Ensamble troquel de corte punta con la función Edge Split

Una vez realizado este proceso a todas las piezas se guarda para poder así exportarlo, para esto se guarda como un archivo “blend” con el fin de tener una conexión automática con Unity de tal manera que al hacer cualquier cambio a la figura en Blender automáticamente se verá también reflejado en Unity.

3.1.3.5 Unity

Es un centro creativo para artistas, diseñadores y programadores. Permite editar e iterar rápidamente tus ciclos de desarrollo con vistas previas de tu trabajo en tiempo real. Puedes crear escenas 2D o 3D, animaciones o cinemáticas directamente. [15]

Este programa es donde se va a realizar toda la interfaz de la aplicación de realidad aumentada, para esto se divide en dos partes la realización de la aplicación la cual es el UI (User Interface) o interfaz de usuario y la otra es lo visualizado en la realidad aumentada.

Hay que tener en cuenta el objetivo de la creación de una aplicación para el entrenamiento de los empleados por lo cual va a mostrar paso a paso como se realiza el procedimiento que para este caso es ajuste troquel de corte punta. Para esto se basa en diferentes escenas donde en cada una de estas se verá reflejado cada paso a realizar.

3.1.3.6 Interfaz de usuario (UI)

3.1.3.6.1 Página principal

Para la realización de la interfaz se hace a través de un Canvas ya que “es el área donde todos los elementos UI deben estar. El Canvas es un Game Object con un componente Canvas en él, y todos los elementos UI deben ser hijos de dicho Canvas.” [16].

Una vez creado el Canvas se agregan los botones correspondientes que se quieren para la página principal, para este caso se usaron botones encontrados en la misma tienda de Unity, se van agregando estos de la manera adecuada a lo que se requiere es decir dejar los botones a los lados para poder dejar la visualización de la realidad aumentada en la mitad de la

pantalla. Para este caso se utilizaron 3 botones uno para activar la cámara y mostrar la realidad aumentada, otro para mostrar las partes principales del troquel para que se tenga un conocimiento previo de cada una y por último el botón de START el cual iniciará la explicación de cada uno de los pasos. También se le adicionó un título aclarando sobre que procedimiento se va a realizar y el logo de la empresa.

A cada botón se le aplicó cada función acorde a lo que representa cada uno de estos, para el botón que muestra las partes iniciales se programó para que al aplicar este, aparezca la imagen donde se relacionan las diferentes partes utilizadas en este procedimiento. Así mismo, para el activador de la realidad aumentada se configura para que la cámara quite las imágenes de las partes y por último mediante un C# Script los cuales son los que “permite a usted trigger (activar/desactivar) eventos de su juego, modificar propiedades del Componente en el tiempo y responder al input del usuario de la forma que usted quiera.” [16].

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.SceneManagement;
5
6
7 public class Controlador : MonoBehaviour{
8
9     public void CambiarEscena(string nombre){
10         print("Cambiando a la escena" + nombre);
11         SceneManager.LoadScene(nombre);
12
13     }
14     public void Salir()
15     {
16         print("saliendo del juego");
17
18     }
19
20 }
21
```

Ilustración 10 Código del C# Script

El código anterior lo que realiza es que abre un componente que nos dice a qué escena se quiere ir al oprimir ese botón, de tal manera que al darle STAR se dirija a la primera escena.



Ilustración 11 Canvas de la página principal.

3.1.3.6.2 Escenas

Para las escenas se realiza el mismo procedimiento de la página principal es decir crear el Canvas y agregarle los botones necesarios, es decir, el que muestra el nombre de las partes utilizadas en la escena, el que activa la cámara de realidad aumentada y por último se le adicionaron tres botones que son el de devolverse a la escena anterior, siguiente escena y el que lleva directamente a la página principal, los cuales también usan el mismo C# Script solo que se les modifica en el componente a que página se debe dirigir. Adicionalmente se adiciona la explicación que se debe ejecutar en la escena para que el operario pueda tener una guía aparte de la animación de la realidad aumentada.

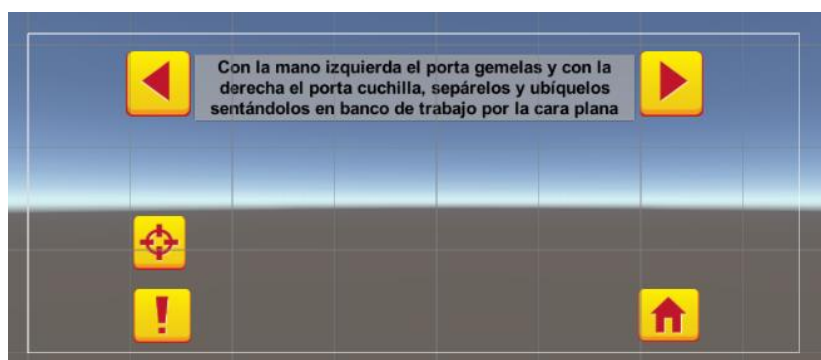


Ilustración 12 Canvas de la primera escena

Para el resto de las escenas se realiza el mismo procedimiento a diferencia de que se le cambia la explicación y la función de cada botón para que se dirija a la escena correspondiente.

3.1.3.7 Realidad aumentada

3.1.3.7.1 Target

El target es la imagen de referencia para que al apuntar con la cámara se pueda mostrar la realidad aumentada, para esta se puede poner cualquier imagen que uno desee para este caso se utilizó el logo de la empresa. Este se le pone las dimensiones que uno desee en el espacio de Unity de tal manera que vaya conectada con la cámara de realidad aumentada para acá poder ubicar el modelo en 3D.

3.1.3.7.2 Modelo en 3D

Los modelos *.blend* que se guardaron son los que se irán ejecutando de acuerdo con cada escena que se vaya a desarrollar, para esto se debe guardar en la carpeta *Assets* que se crea cuando se abre cada proyecto para que así se pueda importar cada modelo, una vez realizado se arrastra el modelo a la escena para que aparezca donde lo deseamos, se ajusta el tamaño requerido y conveniente, pero antes se debe vincular el target con el modelo para que el programe relacione el target y el modelo como uno solo y así activarlo para la realidad aumentada.

Para cada escena incluyendo la página principal es procedimiento es el mismo debido a que no se ve afectado por lo que tengamos en el Canvas, depende de lo que queramos mostrar y el modelo que se vaya a utilizar.

Una vez importado el objeto y colocarle las dimensiones correspondientes se procede a crear las texturas de cada objeto para que se pueda parecer al verdadero. Para esto se crea un material el cual se le puede vincular una imagen de una textura deseada que para este caso es metálica con un estilo en especial de tal manera que tenga tonos acercados a la realidad.

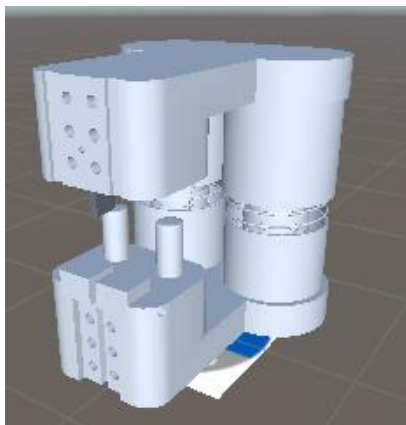


Ilustración 13 Modelo sin textura

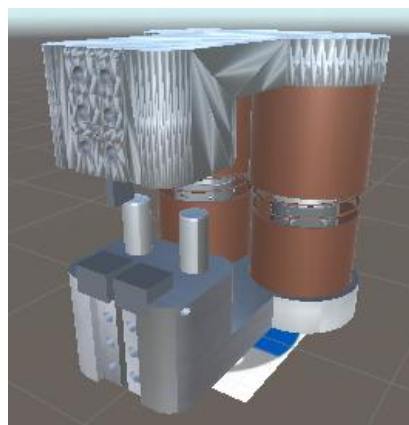


Ilustración 14 Modelo con textura

Por ultimo, se le da la textura adecuada y se tenga el modelo con el target (Ilustración 11), se procede a realizar la animación que va a tener cada escena para que el operario vea no solo el modelo de como debe terminar armado sino que pueda ver los movimientos de una manera más clara de que debe realizar.

3.1.3.7.3 Animación

Unity trae consigo un animador (ver ilustración 12), con el que se realizaron los movimientos que debe hacer cada una de las piezas, basándose en las posiciones en las que debe estar cada

pieza a través del tiempo llevando así un consecutivo de posiciones ocasionando el movimiento que deseamos.

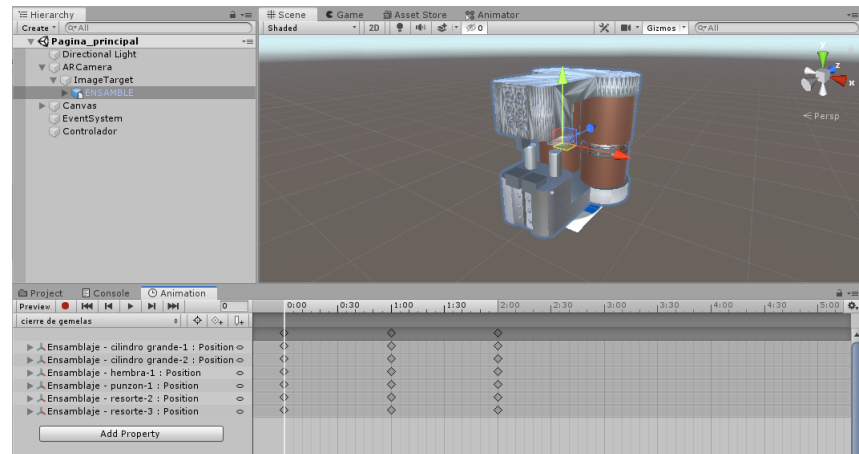


Ilustración 15 Sistema de animación de unity aplicado al ensamble

Para las animaciones hay que tener en cuenta por cada escena lo que se desea ilustrar de una manera clara y que los movimientos sean los más parecidos a la realidad de tal manera que el operario pueda replicar este.

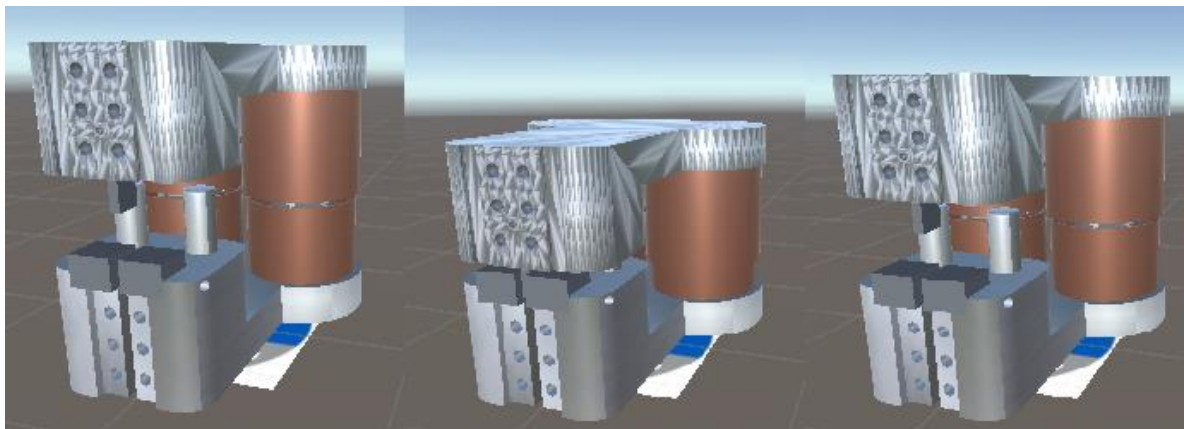


Ilustración 16 Secuencia de la animación del sistema troquel corte punta

Teniendo las animaciones vinculadas a cada escena y todas las escenas con los Canvas hechos ya tendríamos el programa realizado. Solo queda guardarlo y exportarlo como *.apk* para poder utilizarlo como aplicación para celular, Tablet o computador.



Ilustración 17 Página principal de la aplicación vista desde un celular.

3.2 Resultados

Los resultados se analizaron con respecto a involucrados en los entrenamientos que son autores, entrenadores y entrenados.

Los auditores anteriormente solo realizaban una prueba al entrenado una vez finalizado el entrenamiento y los documentos asociados a este no se volvían a utilizar por parte de los entrenados. Ahora, el auditor gracias a la página web solo deberá dirigirse a la máquina y acceder a esta por medio de un código QR, allí podrá encontrar el documento del procedimiento a evaluar y el formato para la evaluación de este. Con esto se podrá generar una auditoria mensual por procedimiento, cosa que no se hacía antes sino solo la evaluación por entrenamiento, lo que causaría un mayor control por parte de la empresa sobre el desarrollo de los procedimientos que se ejecuten de manera correcta y tener un mayor seguimiento sobre la calidad de entrenamiento realizado, de esta manera se pasaría de 80 evaluaciones anuales a 200 auditorías anuales.

Con respecto a los entrenadores se tendría uno de los mayores impactos, puesto que gracias a realidad aumentada ahora solo se necesitará de una explicación al operario sobre como iniciar y visualizar esta, por lo cual pasaría de 400 horas anuales de entrenamiento por parte de los entrenadores a solo 20 horas anuales lo que quiere decir una disminución del 95%, esto significaría que la empresa podrá tener una mayor disponibilidad en planta de estas personas, es decir, si un operario trabaja 8 horas diarias y 3 de estas las utiliza para capacitar empleados, ahora, solo utilizaría 10 minutos y el resto del tiempo lo ocuparía para sus labores productivas. En cuestión de costos se reduciría de \$3.440.000 anuales en entrenadores a solo \$172.000 anual. Gracias a esto, la empresa podrá distribuir dichos empleados en labores de mayor valor productivo generando que este dinero se traslade a dichas operaciones incrementando la productividad., la empresa podrá distribuir dichos empleados en labores de mayor valor productivo generando que este dinero se traslade a dichas operaciones incrementando la productividad.

En cuanto al entrenado, con la ayuda de la página web logra tener un mayor acceso a los documentos referentes a los procedimientos estipulados por la empresa, puesto que antes los operarios no buscaban los documentos debido a que podrían gastar hasta media hora

encontrando un solo archivo, teniendo en cuenta el sistema de búsqueda de estos. Ahora solo deberá dirigirse a la máquina y acceder a la página web por medio de un código QR con lo cual el tiempo se reduce a 5 minutos.

Con la realidad aumentada se logró que los operarios que se estén entrenando entiendan de una manera más rápida, donde se vio reflejado con el procedimiento realizado, el cual, le tomo la mitad de tiempo en aprenderlo a diferencia de la metodología usada anteriormente que tardaba 3 horas en desarrollarse. Lo que, quiere decir que el operario va a tener una hora y media más de disponibilidad en planta para elaborar otras actividades correspondientes a la producción. Cabe aclarar que, dependiendo de la dificultad del procedimiento a ejecutar, se van a obtener resultados menores o mayores a los que se tuvieron en este caso con esta aplicación.

3.3 Mejoras

La aplicación de la industria 4.0 se ve como algo difícil de alcanzar para las empresas con pocos recursos económicos (pymes), pero la tecnología a través del tiempo se vuelve cada vez más accesible para cualquier persona o en este caso las empresas. Para el caso de la página web se utilizó recursos como lo son Google Sites, el cual no solo permite la fácil edición sino la actualización de los datos, conjuntamente se va cargando la información directamente a la nube, pero si se dispone de mayores recursos se podría generar una página estéticamente más atractiva y dinámica que le permita una mayor interacción al auditor a la hora de verificar los procedimientos y así poder tener una mayor certeza y objetividad sobre lo que se evalué.

Además de esto para el desarrollo de la realidad aumentada se podría tener en cuenta los micro movimientos efectuados en las diferentes operaciones con tal de poder acercarlo aún más a la realidad con respecto a lo que realizan los operarios, también las animaciones se pueden desarrollar de tal forma que con la mano se puedan mover las piezas proyectada haciendo la aplicación más dinámica y sin necesidad de que la persona tenga que interactuar directamente con la máquina y por ultimo teniendo en cuenta que los operarios puedan tener las dos manos totalmente libres para ejecutar los procedimientos la compra de las gafas de realidad aumentada ayudarían a que el operario disminuya las probabilidades de riesgo a si tiene la Tablet en la mano y va desarrollando la actividad correspondiente. en la mano y va desarrollando la actividad correspondiente.

3.4 Relevancia en el sector

La industria manufacturera va evolucionando cada vez más con el fin de mejorar los procesos productivos de la empresa, en Colombia debido a los retrasos tecnológicos y a falta de inversión en tecnología logra que no se puedan disminuir costos o evitar sobre costos por ejecutar un procedimiento de manera incorrecta y que afecte la producción por lo cual, lo lleva a tener precios poco competitivos a los del mercado.

Las empresas deben tener en cuenta que uno de los principales problemas por los cuales se puede parar la producción es por el mal entrenamiento a sus empleados, lo cual puede causar no solo daños de máquinas sino de el mismo personal por lo que la inversión en este

tipo de tecnologías de industria 4.0, logrará que sus empleados sean más receptivos sobre la información que se proporciona a través de un entrenamiento con realidad aumentada.

4. CONCLUSIONES

Las empresas deberían apostarles más a las nuevas tecnologías que trae la industria 4.0, las cuales no solo pueden aplicarse en entrenamientos, sino en los diferentes procesos pues se verán beneficiados tanto económicamente como productivamente.

La implementación de la realidad aumentada logró disminuir la duración de tiempos de entrenamiento en un 50% permitiendo que los operarios puedan tener una mayor disponibilidad en planta. Además de un incremento de más del 100% de la cantidad de auditorías que se pueden realizar para el control de los procedimientos realizados por los operarios.

La productividad de los entrenadores con respecto a sus labores diarias aumentaría a un 90%, lo que significaría que los costos generados por el proceso de entrenamientos pasaran de ser costos improductivos a costos productivos es decir que los operarios disponen ahora de más tiempo para realizar sus actividades en planta. Gracias a esto se logra convertir \$3.268.000 anuales en costos productivos.

Los entrenamientos al ser más dinámicos y visuales logran una mayor retención de los procedimientos por parte de los empleados al interactuar al tiempo con la aplicación, lo que implicaría que al expandirlo en la totalidad de operaciones de la empresa se podría tener una mayor productividad por parte de los empleados al disminuir su tiempo en esta actividad.

La implementación de la página web mediante códigos QR asociado con la realidad aumentada, son un complemento que se ajusta a las necesidades que actualmente presentan las empresas y que ayudan a un entrenamiento fácil y efectivo para los operarios, alcanzando una mayor productividad al tener empleados correctamente capacitados

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Portafolio, "El reto de invertir en ciencia, tecnología e innovación en Colombia," [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/el-reto-de-invertir-en-ciencia-tecnologia-e-innovacion-en-colombia-529537>.
- [2] F. Giustozzi, . J. Saunier and . C. Zanni-Merka, "Context Modeling for Industry 4.0: an Ontology-Based Proposal," *Procedia Computer Science*, pp. 675-684, 2018.
- [3] Boston Consulting Group, "Boston Consulting Group," [Online]. Available: <https://www.bcg.com/en-co/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>.
- [4] Publi-qr, "Publi-qr," [Online]. Available: http://www.publi-qr.com/QR-CODE/smart_files/PUBLI-QR.info.pdf.
- [5] K. Grifantini, "Faster Maintenance with Augmented Reality," *Technology Review, MIT*, 2009.

- [6] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa and C. Rouèche, "ONLINE EDUCA MADRID," ONLINE EDUCA MADRID 2007. [Online]. Available: <http://files.trendsandissues.webnode.com/200000010-3884839004/educamadrid-2007.pdf>.
- [7] D. Villamarín, "Técnicas, Herramientas y Aplicaciones con Realidad Aumentada.," 2016.
- [8] I. Nieto Ramirez, "MANUAL DE ENTRENAMIENTO SISTEMATIZADO PARA EL PERSONAL OPERATIVO DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE COMESTIBLES," *Scientia et Technica Año XIV*, 2007.
- [9] M. Barba, "Blogthinkbig.com," 30 Octubre 2018. [Online]. Available: <https://blogthinkbig.com/realidad-aumentada-aplicada-al-sector-industrial>.
- [10] Portafolio, "El limbo de la manufactura en Colombia," [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/el-limbo-de-la-manufactura-en-colombia-539742>.
- [11] Portafolio, "El 80% de las empresas tiene programas de capacitación," [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/80-empresas-programas-capacitacion-45304>.
- [12] F. Talent, "Sistema ILUO," [Online]. Available: <http://facultytalent.mx/cursos/80-sistema-iluo-fundamentos>.
- [13] SolidBI, "Solidworks," [Online]. Available: <https://solid-bi.es/solidworks/>. [Accessed 17 06 2020].
- [14] Ecured, "Ecured," [Online]. Available: <https://www.ecured.cu/Blender>. [Accessed 17 06 2020].
- [15] Unity, "Unity," Unity Technologies, 2020. [Online]. Available: <https://unity.com/es/products/core-platform>. [Accessed 16 05 2020].
- [16] Unity Technologies, "unity 3D," 2016. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/UICanvas.html>.