

LA REALIDAD AUMENTADA EN LOS PROCESOS DE MANUFACTURA

Área de investigación: Administración de la tecnología e informática
administrativa

Marisol Hernández Hernández

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco
Universidad Autónoma del Estado de México
México
mhernandezh14@gmail.com

Marva Angélica Mora Lumbreras

Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Universidad Autónoma de Tlaxcala
México.
marva.mora@gmail.com

Gerardo Reyes Ruiz

CIECAS
Instituto Politécnico Nacional
greyesruiz@hotmail.com.

Gerardo Reyes agradece al Instituto Politécnico Nacional (CIECAS) a través de su programa de estancias posdoctorales nacionales del CONACYT.

Octubre 9, 10 y 11 de 2019

Ciudad Universitaria | Ciudad de México



LA REALIDAD AUMENTADA EN LOS PROCESOS DE MANUFACTURA



Resumen

Los procesos de manufactura están divididos en etapas, donde la fase inicial es el diseño del producto, continuando con el cortado de la tela y posteriormente el ensamble de las piezas para lograr el objeto deseado. Así, en la etapa del diseño se realizan los prototipos del producto, mismos que son repartidos a las microempresas manufactureras y donde los ensambladores los visualizan según su percepción instantánea y los guardan en su memoria, para después, ensamblar los productos según los recuerdos de lo que percibieron. Todo este proceso puede derivar en errores de construcción que son traducidos en pérdidas de recursos. Para hacer más eficientes los procesos de manufactura, es importante usar las tecnologías digitales con herramientas que simulen las estructuras físicas de los productos. Ello con la finalidad de apoyar a los trabajadores para utilizar su ergonomía cognoscitiva en el proceso de producción. Esta investigación propone un sistema basado en Realidad Aumentada, que muestre una manera diferente de construir patrones, así como también proporcionar beneficios en los procesos de manufactura. Se focalizó en la industria del vestido, por lo complejo y variados que son los modelos de las prendas de vestir. Los resultados indican que la Realidad Aumentada es una tecnología importante para el área de la manufactura, ya que ayuda a la optimización de los tiempos de entrega, costos y desperdicio de material.

Palabras clave: realidad aumentada, manufactura, industria del vestido.

Introducción

Las áreas de manufactura son elementos clave en la fabricación de productos de cualquier tipo; las cuales, son de elemental importancia y requieren de nuevos métodos que ayuden a optimizar esos procesos; en consecuencia, están surgiendo métodos vanguardista, que ayudan a complementar los procesos de producción, tal es el caso de la fabricación aditiva o también llamada impresión 3D, que está revolucionando la industria manufacturera, con la impresión 3D a pequeña escala para crear piezas a gran escala (Roschli, et. al, 2019).



Otras inventivas que incluyen tecnología inteligente de diversos tipos y que se conjuntan como piezas importantes en el proceso productivo, son los modelos basados en computadora, los sistemas de fabricación y tecnologías de sensores, la realidad virtual / aumentada, el Internet de las cosas y las tendencias tecnológicas que corresponden a patrones globales y que revelan una gama de aplicaciones sectoriales (Turovets et al 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 497 012062); estas herramientas, se deben contextualizar, en investigaciones que las dirijan hacia puntos de ayuda, para construir fábricas inteligentes y vanguardistas, acordes a la época tecnológica en que se vive y, sobre todo, aptas para mejorar y facilitar los procesos manufactureros y, en consecuencia, los productos de utilidad de las personas.

La fase de producción empieza con el diseño de un producto, el cual, servirá de prototipo y debe cumplir ciertos parámetros relacionados con medidas, materiales y especificaciones. El patrón de un producto se elabora geométricamente siguiendo indicaciones del modelo creado por el diseñador, quien es una persona plenamente capacitada en esta profesión. Una vez que, se ha diseñado el producto, el modelo es traducido a términos de ensamble por el personal del área de manufactura, en donde le dan su propia interpretación de construcción, especialmente, en los detalles elementales de la prenda; esta interpretación en ocasiones puede ser errónea o diferente a la propuesta original.

Si la interpretación es totalmente acertada, se obtendrá un producto de calidad; de lo contrario, podría obtenerse un producto con defectos y, en consecuencia, podría no venderse o verse disminuido en su valor. Estos problemas muestran la necesidad de introducir herramientas tecnológicas vanguardistas que, ayuden a optimizar los procesos de manufactura mediante la visualización de patrones, acoplados a cada persona que deba interactuar con el modelo. Sobre este tipo de tecnología adyacente a las fábricas, se están y se deben realizar investigaciones, que conlleven hacia el avance de los procesos con un mundo digital, el cual, está presente en la vida cotidiana y es imprescindible para cualquier tipo de actividad.

Una herramienta que últimamente converge los requerimientos de los procesos de producción, es la Realidad Aumentada (RA), que contiene diversas herramientas tecnológicas para diferentes fines de



construcción de objetos. Los elementos que componen la RA, tales como los videos, las imágenes 3d y las animaciones, abren un nuevo mundo de oportunidades desde la perspectiva de la cadena de suministro; estas tecnologías no solo permiten aumentar la eficiencia y flexibilidad de los procesos de fabricación y distribución, sino que también modifican la relación entre los diferentes escalones de la cadena de suministro, con un énfasis especial en el consumidor (Condino, et. al, 2018).

La RA va más allá de los trucos de los juegos, el entretenimiento y la tecnología, es por eso que se debe destacar sus beneficios en el campo de la producción, en lugares en donde las tecnologías no se usan para obligar a los usuarios a hacer cosas nuevas, sino para persuadirlos a hacer sus mismas cosas antiguas con otras alternativas de mejores experiencias (Siriborvornratanakul, 2018); bajo este contexto, es tiempo de utilizar estas técnicas para proveer beneficios diferentes a los que la gente está acostumbrada. Esta tecnología, ha ayudado con nuevas técnicas de construcción que han sido aplicadas de diferentes maneras y en diferentes contextos, dependiendo del tipo de manufactura que se quiera construir, se han codificado sistemas basados en RA.

La RA ve al diseño, no solamente como una muestra de lo que podría ser un objeto o de cómo se visualizaría en un momento dado; más bien, lo mira, como una manera útil de representar de manera profunda los objetos y las construcciones, para así, entender sus implicaciones en otras áreas, como, por ejemplo, el mantenimiento. Para ejemplificar este caso, Khalek, et al. (2019), han investigado sobre el diseño de un edificio, en donde las decisiones tomadas al principio de esa fase, pueden tener un impacto importante, medido por diferentes medios de visualización, que permiten que las personas sin experiencia previa, identifiquen los problemas de mantenimiento en un modelo de diseño; esto se ha logrado con la utilización de un sistema basado en RA.

Hay tutoriales que han ayudado a completar los procesos de construcción, esta tecnología no utiliza solamente imágenes 2d, también hay tutoriales basados en tecnologías más innovadoras; tal es el caso, de un software que ayuda a la construcción de marcos de estructuras de madera, el cual utiliza un software basado en RA, con una visualización de escala real y audio; a través de esta tecnología puede ayudar a los constructores a seguir indicaciones y medidas, con

lo que, facilita la adaptación de esos marcos en las casas de madera, especialmente de Estados Unidos (Cuperschmid, Mizrahy, et al, 2016), para este caso, la RA funciona porque los marcos son de tipo estándar.

Otra industria que se dedica al desarrollo y construcción de máquinas para fabricar instrumentos y equipos de herramientas de alta precisión para el mecanizado de piezas en las empresas industriales, es la Emuge-Franken, empresa alemana, con manuales técnicos virtuales para las tareas relacionadas con herramientas en la tecnología de corte y fresado de roscas, mismos que constituyen una base del negocio; esta empresa ha adoptado los modelos animados de conjunto de mandril de vástago roscado HF20 basado en RA. La experiencia de la compañía, muestra este producto como necesario para las empresas en el mercado ruso y se ocupan del procesamiento de metales mediante perforación y generación de hilos (Gren, et all, 2018). Por esta razón, el uso de estas tecnologías ha sido considerado como una de las herramientas clave para que las empresas mejoren su competitividad y desarrollen sus relaciones con los nodos de la cadena de suministro ascendente y descendente. En consecuencia, las aplicaciones de estas tecnologías para la gestión de la cadena de suministro se han convertido en un área fructífera de investigación, dadas sus claras y fuertes implicaciones de gestión.

La RA, ya ha sido valorada para incluirse en la futuras fábricas, con la finalidad de ayudar a los trabajadores a realizar varias tareas, haciendo posible el cambio de la producción en masa a la producción personalizada; aunque aún, no estaba claro cómo se podría cumplir estas promesas en un escenario industrial, pues su concepto específicamente, en el desarrollo de tutoriales basados en RA para armar objetos y en donde se ha visto, un mayor rendimiento para tareas de más grado de dificultad (Uva, et. al, 2018); este antecedente es la base de las futuras fábricas inteligentes, que están en espera de conseguir las mejores técnicas que ayuden a los procesos de la manufactura; es así que esta investigación, se construye vislumbrando la formación de dichas empresas manufactureras, enfocadas a los procesos, no solamente de las formas de diseño, más bien, del discernimiento de lo abstracto para superponerlo como RA.

La investigación se centra en el área de la industria del vestido, en donde el diseño debe tener una adaptación que conlleve a la calidad de





la prenda; esto se logra, siguiendo con exactitud las características geométricas de un prototipo que funciona como una guía para la transformación de la materia prima a prendas de vestir, que ha sido creado antes de empezar con la manufactura de la prenda. Los talleres son los espacios en donde se manufacturan las prendas; así que, para cada taller, se prepara una muestra física, cuyo diseño deberá ser memorizado por las personas constructoras, incluyendo los detalles ocultos, pero necesarios para que la prenda se visualice y funcione como en el modelo original se tenía previsto.

El problema de este proceso es que, en muchas ocasiones, los detalles ergonómicos o de funcionamiento son difíciles de memorizar o de especificar y al no tener a la vista la prenda que sirve de patrón, el ensamble puede hacerse de manera errónea. Con esto, la industria manufacturera pierde recursos materiales, de tiempo en el ensamble y por supuesto, de trabajo realizado; además, cuando realiza la corrección de errores de fabricación, se retrasan los tiempos de entrega y, en consecuencia, la asignación y obtención de utilidades, que derivan un déficit importante para la empresa.

Como ya se ha mencionado, la RA ha funcionado dentro de las fábricas en algunos sectores en específico, como por ejemplo, mediante tutoriales de reparación de maquinaria y para hacer inventarios que requieren optimizar espacios; también, funciona como instructivos para construir herramientas u otros tipos de objetos; sin embargo, esta propuesta puede complementar los procesos de fabricación, ayudando desde el ensamble hasta el control de calidad, todo esto, para obtener productos bien elaborados que conlleven a optimizar la ecuación costo-beneficio.

Objetivo general

Mejorar el proceso manufacturero mediante herramientas tecnológicas que ayuden a optimizar los tiempos de entrega, los recursos utilizados y calidad de las prendas.

Objetivos particulares

- Realizar un Sistema basado en RA, con recursos diseñados para proveer ayuda a los trabajadores a la hora de ensamblar los productos.



- Implementar el sistema en un taller de elaboración de prendas de vestir.
- Analizar el desempeño del sistema para generar recomendaciones.



Metodología

Problema

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó la metodología aplicada, cuya característica principal es, precisamente, la de aplicar inmediatamente los conocimientos, resultantes de la confrontación de la teoría con los problemas reales; esto con la finalidad de adquirir la solución concreta y real a esos problemas y dirigir esos resultados adyacentes hacia el perfeccionamiento de los individuos implicados en el proceso de la investigación (Behar, 2008). Por este motivo el método se dividió en 3 fases:

- A. Estudio del problema.
- B. Sistema basado en RA.
- C. Resultados.

Estudio del problema

Los procesos de fabricación se desarrollan por etapas, mismas que a simple percepción podrían parecer fáciles y autónomos; sin embargo, aunque la manufactura podría considerarse un procedimiento, en donde la gente va ensamblando las piezas sin ninguna complicación, existen también, diversos niveles de dificultad de ensamble, en donde es imprescindible tomar en cuenta varios aspectos, destacando: la unión de piezas que son diferentes, los detalles que están ocultos y la combinación de diferentes colores. El problema surge, cuando el ensamble no se hace de manera adecuada, derivando a errores de producción y, en consecuencia, significando pérdidas medidas en tiempo, dinero y esfuerzo. Las fases del proceso de fabricación de una prenda de vestir se pueden enlistar de manera consecutiva, tal como se muestra a continuación:

En la fábrica matriz.

- a. Se diseña la prenda.
- b. Se cortan las piezas indicadas en el diseño.
- c. Se etiquetan y empaquetan las piezas.



d. Se envían a las maquiladoras junto con una prenda que servirá de patrón.

En la maquiladora.

e. Se desempaquetan las piezas.

f. Se reparten a los trabajadores.

g. Los trabajadores las ensamblan cadena.

h. Al terminar el ensamble, se pasan a las secciones de:

- Terminado.
- Planchado y,
- Control de calidad y empaquetado.

De las fases mencionadas, la que atañe a esta investigación es la fase del ensablado descrita en las siguientes acciones:

- ✓ Cuando llegan los paquetes de tela cortada a la maquiladora, la persona que los reparte, les indican y enseña la prenda denominada “muestra” o “patrón” a los ensambladores, quienes la observan y guardan en su memoria, para proceder hacer el proceso de ensamblaje.
- ✓ Las partes de una prenda se realizan en serie, es decir, hay un equipo de personas que hacen determinada labor, como la serie de ensamblaje de cuellos, mangas, espaldas, delanteros, etc., luego de esos procesos, se pasan a las personas que hacen el terminado, mismo que incluye desde el colocado de botones, ojales, cierres y/o broches, hasta el deshebrado; por último, se pasan las prendas terminadas al área de planchado y después al de empaquetado.
- ✓ El control de calidad se lleva a cabo en el empaquetado, es ahí en donde en el momento en que se doblan las prendas para ser empaquetadas, las personas revisan o se percatan de algún defecto en el ensablado, mismo que por lo regular se presenta en varias prendas, pues como se ha comentado, se hacen en serie y por lo mismo, el error también es en cadena.
- ✓ El problema radica en que la calidad se revisa en el proceso de empaquetado o peor aún, en la entrega de las prendas a la fábrica y es ahí, cuando el personal se da cuenta de los errores que tienen; en ese momento se procede a corregir el defecto en



las prendas, siendo imprescindible la corrección del ensamblado, antes de ser aceptados por la fábrica matriz.



- ✓ En la industria del ensamblado existen procesos en donde las personas tienen que lidiar con las diversas partes del producto; componentes complejos algunas veces, que han sido plasmados en los patrones de la prenda y consultados pocas veces por los trabajadores, que en ocasiones las almacenan su memoria de corto plazo, olvidando detalles importantes.

Las dificultades frecuentes que surgen en el ensamblado, pueden ser diversos tipos, todo depende del diseño de la prenda, a continuación, se mencionan algunos ejemplos:

- Las costuras de los lados no están alineadas correctamente.
- Los pespuntos son de tamaño incorrecto.
- Algunas solapas no se hace de manera correcta.
- Los botones se colocan en el lado equivocado.
- La combinación de colores están cambiados de lugar.
- Las bolsas no están en el lugar correcto.
- El número de botones no es el correcto.
- Los dobladillos no corresponden a lo requerido.
- Los cuellos pueden ser simples y los hacen con pie de cuello o viceversa.
- Las bolsas no están alineadas.
- Puede haber confusión de colores.
- Los bordados están en el lugar equivocado.

Como ya se ha mencionado, existen muchos errores dependiendo de la prenda; el problema más grande de esto es la equivocación del ensamble en varias muestras, pues como ya se ha comentado, los componentes se ensamblan en serie, lo que, de un error detectado en una pieza, puede derivar a defectos en cientos de prendas. Los tipos de errores de manufactura, tiene como consecuencia pérdidas monetarias considerables; cuando las prendas se descosen, para corregir el ensamblaje, pueden surgir casos extremos, pues si la tela es frágil, la prenda puede dañarse; además, los tiempos de entrega se extienden, lo que deriva en un atraso de pagos y pérdidas de producción y en consecuencia, disminución de las ganancias.

Con base en el problema planteado, se deriva la siguiente pregunta:

¿Qué factores inciden en la mejora de un sistema de manufactura en una fábrica empleando realidad aumentada?



Y se plantea la siguiente hipótesis:

La RA es una herramienta tecnológica capaz de mejorar el proceso manufacturero en una fábrica de prendas de vestir.

Sistema basado en RA

La propuesta de solución es la realización de un sistema basado en RA, que se enviaría a las maquiladoras junto con los materiales de fabricación y éstas a su vez, podrían repartirlas entre su equipo de producción. Con este sistema, los miembros del equipo de ensamblaje podrían consultarlo cada vez que sea necesario, utilizando su propio dispositivo móvil, para visualizar el modelo superpuesto en la tela de la pieza que se pretende construir, incluyendo instrucciones en formato de audio o video. Como ya es bien sabido, la RA es una tecnología emergente que se define como toma digital o información generada por computadora, ya sea con imágenes, audio, video o sensaciones táctiles y la superposición de ellos en tiempo real, que puede ser la mezcla entre el mundo real y el sintético (Kipper y Rampolla, 2013); la RA, ya es particularmente adecuada para el área de mantenimiento en la industria, implementándose fácilmente en procesos que pueden mejorar la vista de los usuarios en diferentes escenarios y que además, incluyen animaciones visuales, sonidos, instrucciones escritas o estáticas (Nedeltcheva, 2019).

La línea de producción de esta tecnología va en ascenso, pues se le han encontrado diversas aplicaciones, de las que destacan, el uso militar, la medicina, el diseño, la ingeniería, la robótica, aplicaciones de fabricación, mantenimiento y reparación, la enseñanza y el aprendizaje, el entretenimiento, tratamientos psicológicos, etc. (Azuma en Barfield, 2015: 259-276). Esta investigación se propone para ayudar a que la fabricación de prendas de vestir se haga de una manera tal, que cualquier persona que tenga en sus manos esa tecnología, sea capaz de producir de manera más eficiente y confiable.

La fabricación virtual se define como un entorno sintético integrado, que se ejerce para mejorar todos los niveles de decisión y control. Su clasificación puede ser centrada en el diseño, la producción y el



control, (Novak-Marcincin et al., 2013). Así que, con base en este tipo de definición, se utilizan los elementos digitales que combinan a la realidad física con la virtual, haciendo uso de herramientas de diseño amplias y variadas disponibles para su construcción. La potencialidad del contexto de la fabricación basada en RA, respalda diseños más rápido de productos y procesos, así como actividades de control y mantenimiento (Elia, et al., 2016). Bajo este esquema, la RA tiene buenas herramientas de construcción, aunque su diseño debe hacerse de manera sencilla para evitar que el usuario se sienta confundido, en lugar de ayudado. Es así que, tomando en cuenta estos principios para la realización del sistema de RA propuesto, se resumió en los siguientes aspectos:

El diseñador de la prenda, además de hacerlo en patrones de imágenes 2D, con medidas e instrucciones de ensamblado, deberá también dibujarlo en imágenes 3D, favoreciendo el despliegue visual de los detalles de la prenda de manera virtual; esas imágenes reunirán también detalles muy estrictos del modelo, como son, medidas, colores, número de componentes, etc., instrucciones emitidas por audio o por texto, cumpliendo con esto, el objetivo primordial de cada empresa, que consiste en fabricar productos que satisfagan las necesidades de los clientes (Sun, Houssin, Renaud&Gardoni, 2016); por supuesto que también se hace uso de videos que explican y muestran de manera clara el procedimiento, haciendo uso de imágenes, audio y animación, lo que significa, una enseñanza con mayor detalle del proceso de ensamblaje de cada pieza del producto, específicamente en aquellos que son más complejos. Para la explicación del sistema de RA, se tomará en consideración un ejemplo tomado de una maquiladora, utilizando una prenda en específico, que se muestra en la figura 1, aunque el sistema puede funcionar con todas las prendas que se manufacturan. Para la realización del sistema de manufactura basado en RA, se realizan las siguientes fases:

1. Se modela la prenda y se agregan sus detalles generales, mismos que se son necesarios en el despliegue de la RA; estas características le dan la especificidad a la prenda, y se denotan como: nombre, color, tallas y condiciones generales, tal como se observa a continuación

Nombre: Camisa-Bona.

Color: anaranjado.

Tallas: 28-42.

Detalles: combinación de colores, cintas decorativas.

Figura 1. Muestra de la camisa-bona



Fuente propia.

2. La construcción de una prenda de vestir se forma de varias piezas, mismas que se han diseñado, cortado y conjuntado en paquetes para la construcción de varias prendas. Cada paquete de piezas contiene todos los elementos necesarios, por ejemplo, una camisa-bona se compone de mangas, cuello, parte trasera y parte delantera; cada paquete debe coincidir con su talla y prototipo. En el ejemplo de la figura 2, se puede apreciar las partes de una manga.

Figura 2. Piezas de ensamble de una manga



Fuente propia.

La parte trasera de la camisa se muestra en el ejemplo de la figura 3.

Figura 3. Ensamblado de la parte trasera de una camisa-bona



Fuente: propia





3. Para el desarrollo del sistema basado en RA, se deberá tener los siguientes componentes:

- Imágenes 3d.
- Marcadores o imágenes que funcionarán como marcadores de despliegue de la RA.
- Videos
- Audio.
- Almacenamiento en la nube.
- Aplicación gestora de RA

Las imágenes 3d servirán para modelar con detalle las prendas y se forman a partir de imágenes 2D, que pueden ser fotos o dibujos.

Los marcadores, son imágenes que servirán para disparar la RA cuando la cámara del dispositivo móvil se enfoque sobre ellos.

Los videos pueden ser filmaciones de interpretación de los procesos más complejos, filmados por separado y tratando de que sean cortos, esto, para resolver la duda rápidamente, tratando de que la inversión de tiempo se traduzca a beneficio de mejora en el trabajo.

Los audios son archivos con instrucciones en formato de voz, que podrán guiar a los usuarios en los procesos de ensamblaje.

El almacenamiento en la nube, sirve para tener disponible el material digital que se utiliza en el sistema, éste puede estar implícito en los gestores de RA que existen y puede ser libre, si son pocos los componentes de la RA o puede contratarse un plan, según la conveniencia de la empresa.

La aplicación gestora de los componentes digitales, que se utiliza para diseñar, construir e implementar la RA, conjunta los elementos en los formatos ya mencionados, que servirán para construir el sistema de manufactura basado en RA; actualmente, existen varios gestores de RA, que tienen funciones similares, pero difieren en sus entornos de desarrollo "IDE" y que tienen diferentes características que se traducen en ventajas y desventajas para el usuario constructor de RA. Algunos gestores se detallan a continuación:

Aurasma. Es un editor de RA con el que se pueden mostrar imágenes en 2D, videos y animaciones creadas en flash video de adobe Flash Player (ver página oficial de Aurasma).



Vuforia (véase página oficial de Vuforia). Software que funciona con Unity, eficaz para el desarrollo de RA. Es un programa de excelentes capacidades sin duda alguna, pero es importante mencionar que su grado de dificultad de uso es mayor en comparación con sus análogos, pues requiere de una serie de pasos largos y complejos para lograr un producto que con otro tipo de software se haría en un tiempo corto y de manera fácil.

ArToolKit es un programa de acceso libre cuyas características son seguimiento de orientación y reconocimiento de patrones de marcadores para crear RA, las cuales requieren de conocimientos difíciles de programación, aunque es bueno mencionar que existen variantes que hacen más fácil este proceso, como ARTag, ATOMIC AuthoringTool, FRARToolKit, NyARToolKit y ARDesktop (véase página oficial de artoolkit).

Layar es un gestor de contenido de RA que contiene elementos digitales multimedia y que incluyen imágenes, texto, videos, audios, redes sociales y botones (véase página oficial de layar). Es imprescindible mencionar que además del contenido mencionado, cualquier tipo de software para RA que contiene Layar, también sirve para proyectar imágenes 3D y que su contenido está clasificado por categorías para ayudar al usuario a realizar temas de RA digitales adaptados al propósito de sus requerimientos.

Aumentaty, es un software que fue diseñado para crear contenidos con RA, es gratis y fácil de usar; con la funcionalidad de poder manejar elementos digitales en forma de video, imágenes 2d y 3D y puntos de interés con GPS; su complemento es la app Scoppe, con la que se puede observar la RA en los dispositivos móviles; además existe una comunidad colaborativa para que los usuarios usen sus proyectos (véase página oficial e <http://www.aumentaty.com/community/es/>).

Para el diseño e implementación de este sistema de manufactura basado en RA, se utilizó el programa Aumentaty; este software tiene un gestor de contenido llamado Creator para construir fácilmente los proyectos, mismos que se pueden compartir en la nube y después descargarlos en los dispositivos para poder utilizarlos. Con su complemento Scope, el usuario puede visualizar la RA.





Los recursos para la RA se muestran en formato de imágenes 3D y videos, demostrando la manera de hacer el ensamblado, paso a paso y cuyo objetivo es dar las instrucciones de construcción a las personas, de forma tal, que la seguridad de hacer el trabajo de manera correcta, sea adherida implícitamente. Los videos deben ser cortos, pues solo son parte de la ayuda que se hace con RA, se sugiere como máximo de 2 minutos. La implementación del tiempo en revisar la RA es un recurso que se invierte con el beneficio de realizar correctamente muchas piezas.

Los marcadores son las palabras que componen el nombre o número de la prenda en específico, para concatenar el nombre con su respectiva imagen.

Las personas que usarán el sistema serán los empleados que trabajen en las empresas manufacturas de las prendas de vestir; el sistema es fácil de usar; contiene elementos virtuales que se integran con la realidad física, proporcionan al usuario una interacción fácil y segura; además, no es necesario tener un conocimiento previo de esta tecnología; eso pasa porque los movimientos producidos son naturales, fáciles de aprender y podrían, ser tan simples, como mover una parte del cuerpo o un objeto (Cordeiro, 2015). Así que no hará falta anteponer un curso de capacitación como tal, más bien, una serie de instrucciones cortas, para manejar el sistema que de por sí, ya es intuitivo.

Resultados

En las maquiladoras serán recibidos los elementos de construcción, incluyendo los elementos del sistema basado en RA. Los trabajadores ensamblarán y harán uso del sistema cuando sea necesario, es decir, cuando no recuerden como es el proceso, no lo sepan o necesiten estar seguros de algún detalle. Cuando el usuario requiere consultar sobre la manera de hacer un modelo, bastará con colocar la prenda en una mesa, abrir la aplicación en el dispositivo móvil y enfocar su cámara sobre ella; el sistema reconocerá la pieza de la prenda y superpondrá la RA que tiene asociada, para de esa forma resolver en el instante la duda que se tiene sobre el proceso. En el ejemplo de la figura 4, se muestra la manera en que esta ensamblada una manga. Este tipo de RA fue diseñado para mostrar las formas básicas de un producto, como la combinación de colores, las medidas, los tamaños, la

colocación de adornos que van sobrepuestos, el tamaño de los pespuntos, color del hilo, etc.



Figura 4. RA de una manga.

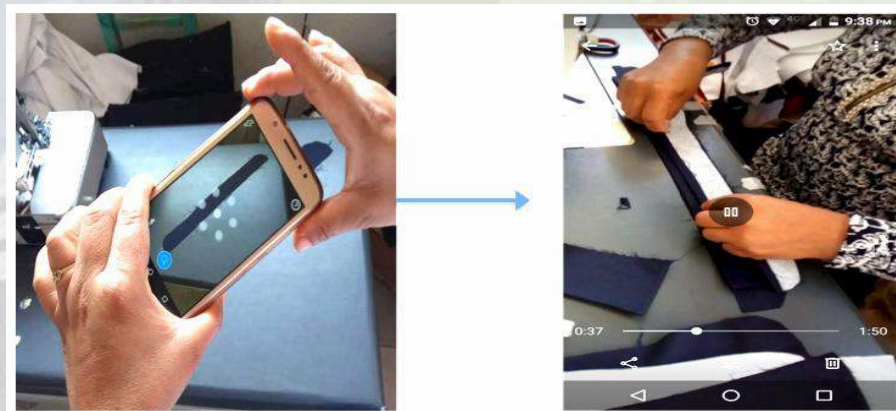


Fuente propia.



En la figura 5, se puede apreciar la implementación del sistema mediante el recurso digital en formato de video; en este caso el usuario enfoca la cámara del dispositivo móvil hacia el cuello de la prenda, lo que sirve como lanzador de la RA, superponiendo la ayuda en forma de un video explicativo, que muestra con imagen y audio, el proceso de ensamblaje de un cuello en una camisa; esta forma de RA dependerá de la complejidad del proceso.

Figura 4. Sistema de RA, mostrando el proceso de ensamblaje en video



Fuente propia.





Mediante un código que deberá ser el nombre o número asignado por la fábrica según el diseño y el cual será el disparador de la RA, se mostrará el prototipo de la camisa, para que los usuarios la tengan y consulten cada vez que lo requieran, así como se puede apreciar en la figura 5. En el ejemplo, la lista tiene una serie de nombres de las prendas que se realizan en ese taller, así que cuando la cámara del dispositivo móvil enfoca al nombre “camisa-bona”, la RA superpone la imagen de la camisa que muestra el diseño completo.

Figura 6. RA de una camisa asociada a un marcador.



Fuente propia.

El sistema se ha aplicado en una microempresa de costura en donde hacen uniformes para las empresas comerciales, se aplicó por una semana y se les realizó una encuesta (ver apéndice 1), con 15 preguntas dirigidas a obtener la perspectiva de los usuarios, tanto de los trabajadores, como de los directivos de la empresa. El resultado de las encuestas fue:

1. Sobre la eficiencia del sistema, los usuarios coincidieron que es eficiente, porque les ha ayudado a hacer mejor el trabajo, pues, en cuanto el usuario tiene duda sobre algún detalle, coloca el celular sobre la prenda, enfoca la cámara y el sistema muestra la imagen 3d incluyendo las especificaciones, de esta manera no pierde tiempo en preguntar a las personas encargadas de supervisar las prendas, que en el peor de los casos se encuentran lejos porque el empleado trabaja en una sucursal del taller o inclusive en su casa.



2. En cuanto al acceso al material de RA, dijeron que la aplicación la han almacenado en su teléfono y que cada vez que les dan nuevos diseños, también les dicen cómo se llaman para descargarlos. Esto les parece muy bueno, porque dijeron que si las tuvieran que almacenar en la memoria de sus dispositivos (fotos y videos) se confundirían con los modelos y su búsqueda sería más amplia; esto, a corto plazo, se les haría complicado y tedioso. En cambio, con la RA, lo asocia a la prenda en tiempo real.

3. Con relación al funcionamiento de la RA como herramienta de apoyo en la calidad de la forma efectiva de coser, los resultados mostraron que, con ella es posible que se modifique a tiempo las costuras en caso de que haya algún error; en el mejor de los casos, sirve para consultar y verificar la forma de ensamblaje, previo a iniciarlo; además, si se ha dañado una pieza, da la posibilidad de no dañar las demás, lo que deriva lo que deriva en un ensamblaje correcto, generando prendas de vestir de alta calidad.

4. Con respecto a los materiales de la RA, los videos mostraron al trabajador el proceso de construir una pieza de la prenda, incluyendo dobleces, ajustes de costuras, tamaño de puntadas, color de hilo, etc., proporcionándoles una excelente comprensión de lo que requiere el diseñador de las prendas; dijeron que lo consultaban cada vez que lo necesitaban y las imágenes les parecieron atractivas y fáciles de observar.

5. Sobre el recurso de los videos, notaron la ventaja de visualizarlos con RA, pues dijeron, que, si los tuvieran que buscar en sus dispositivos sin hacer uso de la RA, tendrían que localizarlos en la galería en donde tienen sus videos y fotos personales, lo que implicaría, una búsqueda más extensa y en consecuencia pérdida de tiempo, lo que generaría un conflicto de búsqueda

6. Sobre la facilidad del sistema, los usuarios coincidieron en que no tiene mayor dificultad, más bien, les pareció, un manejo rápido y atractivo.

7. Sobre la compatibilidad del sistema, la mayoría de los trabajadores tienen un teléfono inteligente, todos con sistema Android y ninguno



tuvo problemas para descargar o utilizar la aplicación. En este aspecto, se debe aclarar, que el sistema funciona también con iOS.



8. Con respecto a la motivación, los usuarios se mostraron animados, alegres y emocionados con la aplicación, dijeron que con ella se consideran autosuficientes con respecto al ensamble de las prendas, pues si bien, ellos se capacitaron en corte y confección, siempre es necesario que sus dudas sean aclaradas y este sistema lo hace al instante y de forma correcta.

9. Sobre el costo, dijeron no tener problemas, ya que la herramienta es gratis y de acceso libre, lo que les conviene tanto a los dueños de las maquiladoras como a los empleados.

10. La inversión de tiempo en utilizar la aplicación no es costosa, ya que solo toma máximo 3 minutos si es un proceso detallado y uno si es un proceso con RA en formato de imagen.

11. En el aspecto de aprendizaje, la RA es una manera de enseñar y capacitar a los usuarios, pues coincidieron que aprendieron procesos que no sabían.

Por todo lo anterior, se confirma afirmativamente la hipótesis: La RA es una herramienta tecnológica capaz de mejorar el proceso manufacturero en una fábrica de prendas de vestir.

Y para contesta la pregunta ¿Qué factores inciden en la mejora de un sistema de manufactura en una fábrica empleando realidad aumentada? Se obtuvieron los siguientes argumentos:

- Consultas fáciles y rápidas; el trabajador al hacer uso de la RA consulta sus dudas de manufactura en tiempo y forma.
- Tiempo; Cuando el empleado hace uso de la RA, no tiene que acudir a preguntar al supervisor sobre la duda que tiene, lo que deriva a evita pérdida de tiempo en el traslado o en esperar a que lo atienda.
- Optimización de recursos materiales; cuando los errores son mínimos o nulos, no hay desperdicio de material.
- Motivación; cuando un trabajador se siente seguro de hacer las cosas o de tener a la mano un elemento de ayuda, hace el proceso

de manufactura con más ánimo y por consiguiente tiene mayor productividad.

- Recursos digitales; las imágenes demuestran la forma en que se visualiza la prenda o sus partes, lo que le da al usuario un comparativo de lo que está haciendo contra lo que debe hacer.
- Con respecto a los videos, muestran el proceso de un procedimiento, obteniendo detalles abstractos, que dan enseñanza de manera visual, auditiva y kinestésica a los usuarios.

Conclusiones

La RA es una tecnología que aplica a diversas áreas de la industria, como la de mantenimiento, control de calidad, ventas y diseño; en este caso, se aplicó al proceso manufacturero y después de analizar la respuesta a su implementación, se deduce que esta tecnología, proporciona al usuario varios beneficios, tales como: el sentimiento de sentirse motivado, animado y seguro de hacer correcto el ensamblado de un producto; esos aspectos de bienestar, se derivan de las consultas rápidas e instantáneas, de evitar pérdida de tiempo en consulta personal y de tener a la mano el sistema consulta basado en RA.

Las pérdidas de materiales deben ser bajas o nulas, ya que, si se usa la RA para cualquier duda, no habrá manera de equivocarse y por consiguiente, no se desperdiciarán elementos que resulten dañados a consecuencia de la corrección del ensamblado. Asimismo, el tiempo de consulta es relativamente bajo, lo que se deduce que el tiempo de inversión es menor, en comparación al de su ganancia y, en consecuencia, la calidad obtenida es alta. Para la empresa la disminución de tiempo en producción les beneficia, pues a mayor producción mayor utilidad monetaria. A su vez, los recursos de inversión son pocos, tomando en cuenta que solamente se deben producir los videos y las imágenes 3D, pues actualmente la mayoría de los trabajadores usan un celular inteligente, el único costo es el internet, mismo que de cualquier manera ya es un servicio que es imprescindible en cada empresa y persona.

La RA hace que la respuesta a la consulta sobre un procedimiento sea casi instantánea, de otra manera, tendría que buscar en la galería, lo que representaría una inversión de tiempo más alta e inclusive un proceso más tedioso. Así, la RA en este trabajo de investigación



permite mostrar la secuencia de la construcción de las piezas de ensamblaje de manera visual, animada y auditiva, haciéndola comprensible para cualquier persona, aunque tenga poca experiencia en corte y confección de prendas de vestir.



Los dispositivos móviles son de uso frecuente, por lo que los costos de implementación no requieren la inversión de recursos humanos, ni de infraestructura; además, los usos de dispositivos móviles son de uso cotidiano por las personas, por lo que estas tecnologías modernas deben adaptarse a los procesos de manufactura, para obtener un beneficio útil de su uso. El control de calidad también puede apoyarse de esta herramienta para controlar los procesos y hacerlos mejores. Este tipo de sistemas, es una manera de que las empresas estén a la vanguardia del mundo tecnológico, apoyándose de ella de manera productiva; este tipo de tendencias digitales son a nivel mundial. La tecnología vanguardista, dará paso a nuevas tecnologías, apoyando este tipo de procesos, cada vez de manera más frecuente y proporcionando su automatización total. El costo beneficio de la implementación se verá reflejado en los tiempos de entrega y por consiguiente tiempos de pago y aumento en la producción.

Investigaciones futuras

Este tipo de sistemas puede implementarse en cualquier tipo de manufactura, adecuándolo de manera tal, que resulte ayuda idónea imprescindible en poco tiempo.

La tecnología basada en RA, está desarrollando nuevas maneras de ver el mundo, incluyendo su interacción, lo que resulta beneficioso para las empresas manufactureras; en tiempos próximos, se podrá hacer uso de esa interacción para que la RA sean cada vez más cercana a la realidad física.

Referencias

- Azuma, R. (2015). *Location-Based Mixed and Augmented Reality Storytelling*. En W. Barfield. (Editor), *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented*: CRC Press.





Behar D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Recuperado de <http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>.

Condino, S., Turini, G., Parchi, P., Vigliani, R., Piolanti, N., Gesi, M., Ferrari, M. y Ferrari, V. (2018). How to Build a Patient-Specific Hybrid Simulator for Orthopaedic Open Surgery: Benefits and Limits of Mixed-Reality Using the Microsoft HoloLens. *Journal of healthcare engineering*, 2018, 12. <https://doi.org/10.1155/2018/5435097>

Cordeiro, D., Correia, N. y Jesus, R. (2015). ARZombie: A mobile augmented reality game with multimodal interaction, *2015 7th International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment (INTETAIN)*, 1(4), 22-31. <http://dx.doi.org/10.4108/icst.intetain.2015.259743>

Cuperschmid, A., Grachet, M. y Fabrício, M. (2016). Development of an Augmented Reality environment for the assembly of a precast wood-frame wall using the BIM model. *Ambiente Construído*, 16 (4), 63-78. <https://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000400105>

Elia, V., Gnoni, M. G. y Lanzilotto, A. (2016). Evaluating the application of augmented reality devices in manufacturing from a process point of view: An AHP based model. *Expert Systems with Applications*, 63, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.07.006>

Gren, A., Jamarillo B., Kiev, V., Shabrov, N. y Vasiliev, D.(2018). Development of digital simulation on the basis of technologies of virtual and augmented reality. *SHS Web of Conferences*. 44 (00036), 7. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184400036CC-TEESC2018>



Kipper G. y Rampolla J.(2013). *Augmented Reality. An Emerging:Technologies Guide to AR*. United States of America: Syngree, Elsevier.



Khalek, I., Chalhoub, J. y Ayer, S.(2019). Augmented Reality for Identifying Maintainability Concerns during, *Advances in Civil Engineering*, 2019, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2019/8547928>

Nedeltcheva, G. (2019). Innovation potential of augmented technologies in industrial context. *International Scientific Journals*. 4(1), 24-28. Recuperado de <https://stumejournals.com/journals/i4/2019/1/24/pdf>.

Novak-Marcincin, J., Barna, J., Janak, M. y Novakova-Marcincinova L. (2013). Augmented reality aided manufacturing. *Procedia Computer Science*, 25, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.004>

Roschli, A., Gaul, K., Boulger, A., Post, B., Chesser, P., Love, L., Blue, F. y Borish, M. (2019). Designing for Big Area Additive Manufacturing, *Additive Manufacturing*, 25, 275 – 285. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.11.006>

Siriborvornratanakul, T. (2018). Enhancing User Experiences of Mobile-Based Augmented Reality via Spatial Augmented Reality: Designs and Architectures of Projector-Camera Devices. *Advances in Multimedia*, 2018, 17. <https://doi.org/10.1155/2018/8194726>

Sun, X., Houssin, R., Renaud, J. y Gardoni, M. (2016). Integrating User Information into Design Process to Solve Contradictions in Product Usage. *Procedia CIRP*, 39, No. 2016, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.183>

Turovets, Y., Vishnevskiy, K., Tokareva, M. y Kukushkin, K. (2019). Technology foresight for digital manufacturing: Russian case,

IOP:Conference Series: Materials Science and Engineering, 497, 012062. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/497/1/012062>



Uva, A., Gattullo, M., Manghisi, V., Spagnulo, D., Cascella, G. y Fiorentino, M. (2018). Evaluating the effectiveness of spatial augmented reality in smart manufacturing: a solution for manual working stations, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94 (1), 509-521. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-017-0846-4>



Apéndice A

Cuestionario

El cuestionario se aplicó después de haber entrenado a los trabajadores en el uso de la RA.

Selecciona la opción correspondiente

- ¿Cuál es el procedimiento que te toca hacer?
a) Manga b) dobladillo c) cerrar d) acabado e) overlok
f) otro _____
- ¿Sabes que es la RA?
a) Si _____ b) No _____
- ¿Sabes usar la RA en tu celular?
a) Poco _____ b) Mucho _____ c) No _____
- ¿Haz consultado algún procedimiento con RA?
a) Si _____ b) No _____
- ¿Qué hacías antes de saber sobre la RA cuando necesitabas consultar alguna duda?
a) Acudías con a preguntar a la supervisora.
b) Lo hacías con lo que tu memoria te permitía recordar.
c) Buscabas alguna foto o algún apunte que hubieras hecho sobre el procedimiento.
- ¿Cuánto tiempo haces en resolver la duda de la manera tradicional en que lo hacías?



- a) 3 Minutos b) 5 Minutos c) 10 Minutos d) Más de 10 minutos



7. ¿Cuánto tiempo te toma abrir la aplicación, enfocar a la prenda y obtener el resultado?

- a) 3 Minutos b) 5 Minutos c) 10 minutos

8. ¿Cuál es la ventaja del método basado en RA?

- a) Rapidez c) Calidad b) No desplazarse d) Solución al instante

9. Si se te proporcionaran las imágenes 3d y los videos para que las almacenaras en tu teléfono ¿qué tiempo te tomaría hacer la consulta?

- a) 3 Minutos b) 5 Minutos c) 10 Minutos

10. ¿Es útil la información que contiene la RA que muestra videos?

- a) Si b) No c) Medio

11. ¿Te parece fácil el sistema?

- a) Si b) No c) Medio

12. ¿Qué tipo de sistema operativo tienes en tu dispositivo?

- a) Android b) IOS c) Otro

13. ¿Te gustó usar la aplicación?

- a) Si b) No c) Medio

14. ¿Cuánto dinero te cuesta el uso de la aplicación?

- a) Nada b) 5 pesos o menos c) Mucho d) No lo sé

15. En resumen, ¿cuáles serían los beneficios que te proporciona esta aplicación? Elige 1 o varias, anotando una x enfrente o subrayando.

- Menor tiempo de elaboración
- Menos desperdicio de material
- Menor tiempo de consulta
- Aprendizaje de los procesos

