

Arq. Francisco Haroldo Alfaro Salazar

Director de la División

Ciencias y Artes para el Diseño

UAM Xochimilco

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD

UNIDAD DE DESARROLLO EN SOLUCIONES DIAGNOSTICAS

Periodo:

18 agosto 2023 a 18 febrero de 2024

Proyecto:

DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN A PARTIR DE PROTOTIPOS DE PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO CLÍNICO

Clave: XCAD000977

Responsable del proyecto: D en C. Julia Dolores Toscano Garibay

Asesor interno: Mtro. José Leandro Mendoza Cuenca

Malagon Coronado Ruben Daniel

Licenciatura: DISEÑO INDUSTRIAL

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Tel: 5541189280

Cel: 5516800251

Correo electrónico: 2182039098@alumnos.xoc.uam.mx

Índice

DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN A PARTIR DE PROTOTIPOS DE PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO CLÍNICO.

Introducción.....	1
Objetivo general.....	2
Actividades realizadas.....	2
Metas alcanzadas.....	8
Resultados y conclusiones.....	8
<i>Recomendaciones</i>	9
Referencias. (Empleadas como casos de estudio en el desarrollo de este servicio social).....	10

DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN A PARTIR DE PROTOTIPOS DE PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO CLÍNICO.

Introducción.

La creación de un laboratorio o servicio especializado que forme parte de la Unidad de Desarrollo de soluciones Diagnósticas (UDESODI) para el diseño e impresión 3D de dispositivos de diagnóstico médico y prótesis maxilofaciales, destaca por su capacidad para ofrecer soluciones de salud personalizadas.

La creación de dispositivos médicos y prótesis pueden ser diseñados y fabricados de manera rápida y específica para cada caso o paciente, teniendo en cuenta las necesidades únicas de cada uno, cuidando en todo momento los aspectos económicos y de calidad, destacando esto como una de las propuestas de valor más importantes.

Este enfoque personalizado no solo mejora la comodidad y funcionalidad de una prótesis, sino que contribuye significativamente a la restauración de la apariencia facial de los pacientes.

La integración de tecnología de impresión 3D en este contexto permite una rápida iteración en el diseño y producción, acelerando el proceso de entrega de las prótesis y facilitando ajustes personalizados según sea necesario para cada paciente.

La implementación de este servicio podría tener un impacto positivo en la economía del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca (HRAEI), al tener la capacidad de producir internamente, se reduce la dependencia de proveedores externos, lo que podría traducirse en ahorros a largo plazo, ya que los procesos descritos en este documento no solo son aplicables al servicio maxilofacial, sino que también podrían implementarse en otros servicios médicos, tal sería el caso de ortopedia.

La aplicación de una autoproducción se traduce en un menor número de errores debido a la participación activa de los mismos usuarios, tanto secundarios como primarios (médicos y pacientes), promoviendo así una retroalimentación que se ve reflejada en un mayor entendimiento entre las partes involucradas, reduciendo así, factores de riesgo, pérdida de material, tiempo y dinero.

La aproximación del diseño industrial en el ambiente hospitalario, específicamente en la creación, prototipado e implementación de prótesis es relativamente un campo nuevo, debido al reciente auge de las tecnologías aditivas por medio de procesos CNC (control numérico computarizado).

Esto presenta una gama amplia de oportunidades de innovación en esta industria tanto en su implementación como en los procesos productivos, uniendo dos disciplinas, la medicina y la producción industrial, permitiendo así la implementación de nuevas y más accesibles tecnologías en nuevos contextos.

Objetivo general.

Generar un modelo económico autosustentable que emplee las técnicas propias del diseño industrial, aplicadas al ambiente clínico, para la creación de prototipos de dispositivos de diagnóstico médico y prótesis maxilofaciales.

Actividades realizadas.

Prototipado de dispositivos para el diagnóstico médico:

Espectrofotómetro de luz visible.

Para el desarrollo de un espectrofotómetro de luz visible (Anexo 1, ilustración 1), se empleó un enfoque meticuloso que abarcó diversas etapas, desde el diseño conceptual hasta la fabricación física del dispositivo. Se comenzó con un prototipo básico alojado en un contenedor genérico, típicamente utilizado en proyectos de electrónica, lo que permitió un desarrollo iterativo y flexible. Se tomaron medidas precisas de los componentes utilizando un calibrador/vernier, garantizando así la exactitud de las dimensiones para su posterior modelado digital.

Con el software de modelado paramétrico Rinconeros, se digitalizaron los componentes con las medidas exactas, lo que facilitó la visualización y ajuste de los elementos internos. Se propusieron varias disposiciones y acomodos de las piezas internas, asegurando que el diseño resultante fuera imprimible dentro del espacio disponible en la impresora de filamento Ender V3.

Una vez establecida una disposición factible, se procedió a diseñar una carcasa básica que permitiera visualizar de manera clara las medidas generales del diseño resultante. Se realizaron propuestas estéticas para mejorar el aspecto del dispositivo, incluyendo la creación de una cavidad para ahorrar espacio y material en la carcasa. Se aplicó un espesor externo de 3 mm a todas las paredes y se realizó un chaflán a 45° en todos los bordes externos para dar al objeto ángulos de salida suaves y eliminar bordes afilados, además de una textura en el lateral izquierdo para proporcionar un agarre antideslizante.

Además, se diseñó una cubeta contenedora con boquillas intercambiables adaptadas para matraces Erlenmeyer, copas de muestra y celdas de espectrofotómetro. Se llevaron a cabo ajustes en los espacios entre cada componente, asegurando un ensamblaje preciso.

Se diseñaron soportes para botones y pantalla, así como espacios para la fijación de componentes internos con tornillería e insertos, garantizando una sujeción adecuada y segura.

Una vez finalizados los diseños preliminares, se realizaron pruebas para verificar el acomodo de los componentes internos. Se realizaron perforaciones pertinentes para los componentes internos, como botones, apagador, potenciómetros, indicadores LED, fuente de carga y cubetas.

Se realizó una división en un plano horizontal, con la finalidad de facilitar su fabricación en procesos de moldeo artesanal y en procesos productivos como la inyección de plástico, garantizando una producción factible a baja y mediana escala. Finalmente, se exportó el modelo en formato .STL y se procedió a la impresión en la impresora de filamento modelo Ender v3, utilizando filamento de PETG en color negro.

Para garantizar la calidad y precisión del modelo impreso, se realizó una comparación de las medidas con el modelo digital utilizando un vernier, asegurando la fidelidad de la impresión. Se llevaron a cabo pruebas de compatibilidad entre impresiones, verificando que las piezas encajaran correctamente unas con otras. Posteriormente, se aplicó un tratamiento de pintura que incluyó el uso de plaster para rellenar grietas y ralladuras, seguido de un proceso de corrección con lijas de agua de diferentes grados y tres capas de pintura en aerosol color negro satinado, finalizando con un tratamiento de pulido para mejorar el acabado final del dispositivo.

Por último, se llevaron a cabo los procesos de armado y conexión de piezas electrónicas con la asistencia de un ingeniero en electrónica. Se realizaron pruebas de funcionamiento y se identificaron posibles mejoras que podrían implementarse en futuras intervenciones del diseño, destacando la importancia de un enfoque meticuloso y multidisciplinario en el desarrollo de dispositivos médicos complejos

Colorímetro de luz visible.

De igual manera que con el caso descrito anteriormente el desarrollo de este prototipo (Anexo 1, ilustración 2), se comenzó con la creación de un prototipo básico alojado en un contenedor genérico. Utilizando software de modelado paramétrico se digitalizaron los componentes internos con medidas exactas, lo que facilitó la visualización y ajuste de los elementos que lo componen.

Una vez elegida una disposición factible, se realizaron diversas propuestas, incluyendo la adición de una cavidad con el fin de ahorrar espacio y material. Al igual que el caso anterior se aplicó un espesor externo de 3 mm a todas las paredes y se realizó un chaflán a 45° en algunos bordes externos para dar al objeto ángulos de salida suaves y eliminar bordes afilados, además de una textura en el lateral para proporcionar un agarre antideslizante.

Este desarrollo debe ser compatible estéticamente con el anterior, al igual que en factores como el modo de uso, el etiquetado, además de incluir piezas compatibles entre ambos dispositivos. Se diseñaron espacios para la fijación de componentes internos con tornillería e insertos, además se implementaron soportes para los botones y la pantalla, ya que estos no contaban con un método de fijación estándar, asegurando su fijación a la carcasa de manera segura y estable.

Una vez finalizados los diseños preliminares, se realizaron pruebas para verificar el acomodo de los componentes internos. Se exportó el modelo en formato STL el cual se lamina para poder ser impreso por medio de métodos CNC de extrusión de filamento plástico. De igual manera, para garantizar la calidad y precisión del modelo impreso, se compararon las medidas con el modelo digital utilizando un vernier, asegurando la fidelidad de la impresión.

Se llevaron a cabo pruebas de compatibilidad entre impresiones, verificando que las piezas encajaran correctamente. Una vez impreso en su totalidad, se realizaron procesos de pintura, rellenando la textura típica de una impresión 3D, además de la aplicación de múltiples capas de pintura y barnices. Para finalizar, se llevaron a cabo los procesos de ensamblaje y conexión de piezas electrónicas, además de realizar las pruebas pertinentes de funcionamiento e identificar posibles mejoras que podrían implementarse en futuras versiones del diseño (Anexo 1, ilustración 3)

Banda Impresora de PCR.

Para la creación de este prototipo (Anexo 1, ilustración 6,7,8) al igual que en los casos anteriores, ya se contaba con una idea previa, la cual nació a partir de una pieza comercial con un uso totalmente diferente. Analizando las necesidades del laboratorio respecto a esta temática y teniendo en cuenta este modelo anterior, se procedió a proponer los mecanismos y componentes necesarios para el diseño y posterior materialización de un prototipo.

Se realizaron distintas propuestas en la disposición de los componentes, así como la disposición del ciclo de trabajo, ya que, al tratarse de un modelo mas complejo, el flujo de trabajo y su disposición debían ser pensados a profundidad, siempre teniendo en cuenta factores tales como la eficiencia.

Debido a que este prototipo tiene como principal objetivo la impresión de pruebas de PCR para el diagnóstico de diversos padecimientos, se optó por realizar un diseño modular en el que este mismo prototipo pueda ser adaptado a las necesidades de producción de su usuario. En este se diseñaron sistemas mecánicos como transmisión por medio de engranajes, sistemas de autolimpieza, dispositivos tensores, dispositivos de acción rápida, dispensadores de materia prima, tracción, muelles, uso de sensores entre otros sistemas.

Debido a la gran cantidad de sistemas implementados, al momento de ser diseñados estos debían ser impresos, ya que con esto se aseguraba el funcionamiento individual de cada uno. Así mismo en cuanto se finalizaba el diseño de cada módulo que compone el prototipo, se imprimía inmediatamente, esto para asegurar el correcto montaje de piezas tanto electrónicas como mecánicas.

Una vez finalizada la impresión de todos los módulos se procedió a realizar procesos de pintura y acabados finales, para así hacer un ensamblaje final de las piezas. Una vez finalizado el proceso de montaje se realizaron pruebas de uso y eficiencia, tanto de la programación de los controladores, como la eficiencia de los sistemas mecánicos. El diseño fue final con cuatro módulos principales, el de alimentación y dispensación, el de impresión de la prueba, el de transporte del producto procesado, y el de almacenamiento del producto final.

Otros dispositivos.

Durante el desarrollo de este proyecto también fueron realizados múltiples dispositivos de diagnóstico médico, tales como un agitador orbital (Ilustración 4), diversas piezas de repuesto, nuevas propuestas de dispositivos y sus usos, así como múltiples diseños que aun se encuentran en constante experimentación y desarrollo (Anexo 1, ilustración)

Creación de prótesis maxilofaciales.

Caso 1: En el primer caso, se abordó la creación de prótesis maxilofaciales mediante un enfoque integral que incluyó la utilización de tecnologías de escaneo e impresión 3D. Se realizó un escaneo de las orejas de un paciente infante utilizando el software de fotogrametría "Kiri Engine" seguido de un proceso de modelado y reparación de los modelos 3D de ambas orejas, para corregir una deformidad en la oreja izquierda. Posteriormente, se imprimieron los modelos 3D a escala 1:1 utilizando un proceso CNC de impresión aditiva de inyección de termoplástico, con material PETG. Estos modelos fueron entregados al servicio de maxilofacial para realizar los procedimientos consecutivos, como

la toma de moldes y el vaciado para la creación de las prótesis correspondientes. (Anexo 1, Ilustración 10)

Caso 2: En este caso, se realizó la extracción del tejido óseo del maxilar inferior de un paciente adulto masculino a partir de una tomografía utilizando el software "3D Slicer". Con el modelo 3D resultante, se realizó un refinamiento de los bordes y una reconstrucción digital en el software "Rhinceros ", incluyendo un espejado en el plano sagital para corregir una deformidad en el lado derecho. La impresión 3D del modelo se llevó a cabo utilizando material PETG, y se realizó un postprocesado para afinar los detalles de la impresión antes de ser entregada al servicio de maxilofacial para su procesamiento y aplicación. (Anexo 1, ilustración 9)

Caso 3: En paralelo al caso anterior, se trabajó en la creación de un modelo 3D para un adulto femenino con las mismas herramientas y procesos descritos anteriormente. Se realizaron ajustes estéticos en el modelo 3D para refinar los detalles del rostro, seguido de una impresión 3D en PETG y un postprocesado para garantizar la calidad del modelo antes de su entrega al servicio de maxilofacial.

Caso 4: En respuesta a una solicitud urgente del servicio de maxilofacial, se imprimieron tres modelos 3D de prótesis maxilofaciales utilizando diferentes orientaciones de impresión para determinar la más adecuada en términos de resistencia y ajuste. Se experimentó con diferentes materiales, incluido el PLA biocompatible, para evaluar su viabilidad en aplicaciones médicas. Tras realizar pruebas de ajuste y resistencia, se seleccionó el modelo impreso verticalmente con PETG como el más adecuado para su entrega al servicio de maxilofacial. (Anexo 1, ilustración 11,12)

Caso 5: El servicio de maxilofacial proporcionó un archivo DICOM que contenía el tejido óseo de un paciente masculino adulto, abarcando desde el maxilar superior hasta la mitad del hueso frontal. Se extrajo el modelo 3D correspondiente y se realizaron ajustes en el software "Meshmixer" para refinar la superficie del modelo antes de ser exportado a "Rhinceros" para su reconstrucción digital. El modelo final se imprimió en PETG y se sometió a un postprocesado antes de ser entregado al servicio de maxilofacial para su procesamiento. (Anexo 1, ilustración 14)

Caso 6: Se extrajo el tejido blando de un paciente masculino utilizando el mismo archivo DICOM del caso anterior y se realizó un proceso de escultura 3D en el software "Z Brush" para mejorar los detalles estéticos del rostro. Se llevó a cabo una reconstrucción digital en

“Rhinoceros” utilizando partes extraídas de un espejado en el plano sagital para corregir cualquier deformidad o asimetría. El modelo final se imprimió en PETG y se sometió a un postprocesado antes de ser entregado al servicio de maxilofacial. (Anexo 1, ilustración 13)

Caso 7: El servicio de maxilofacial solicitó la creación de un modelo 3D del cráneo de un paciente adulto masculino. Se extrajo el tejido óseo del archivo DICOM proporcionado y se realizó una reconstrucción digital en "Rhinoceros " para crear un modelo de prótesis que cubriera un área específica del cráneo. El modelo final se imprimió en PETG y se sometió a un postprocesado antes de ser entregado al servicio de maxilofacial para su uso. (Anexo 1, ilustración 16)

Caso 8 y 9: El servicio de maxilofacial solicitó la impresión de dos modelos de férulas bucales de manera urgente. Se generaron los modelos en "Ultimaker Cura" y se imprimieron en PETG con una altura de capa de 0.12 mm y un grosor de extrusión de 0.3 mm. Los modelos impresos se postprocesaron para eliminar imperfecciones y se entregaron al servicio de maxilofacial.

Caso 10: El servicio de maxilofacial solicitó el diseño de un maxilar inferior, el cual debía ser reconstruido en una de sus mitades, debido a la presencia de un tumor. Haciendo uso de el archivo DICOM proporcionado por el servicio, se realizó la extracción del tejido óseo de todo el maxilar inferior, una vez haciendo esta extracción se comprobó la fidelidad dimensional y formal del archivo resultante. Dicho archivo fue procesado en el programa “Meshmixer” para hacer la reparación de aberraciones en la malla del modelo. Dicho archivo fue procesado en el programa “Rinconeros”, en el cual se realizaron dos procesos en paralelo (Debido a que el paciente presentaba una asimetría en la zona a trabajar) los cuales constaron, uno en dividir y espejear ambos lados del maxilar y el otro en la reconstrucción únicamente de la zona afectada, no alterando las dimensiones finales de todo el maxilar. Una vez completadas ambas reconstrucciones, se procedió a laminar e imprimir los archivos, en los cuales se realizaron postprocesos como el ajuste de medidas y la preparación para toma de moldes.

Caso 11: En este caso el servicio de maxilofacial solicitó la toma de muestra de ambas orejas de un infante, el cual presentaba una malformación en una de estas. Por lo que se procedió a realizar un escaneo por medio de la técnica de fotogrametría en el programa “Kiri Engine”, realizando en paralelo una toma de las medidas generales de ambas orejas. Posteriormente los archivos resultantes de dicho escaneo fueron procesados en el programa “Mesh Mixer” Para posteriormente realizar la reparación del modelo mediante el programa “Z Brush” en

donde se realizó un suavizado de la malla. Dicho archivo fue procesado posteriormente en el programa “Rhinoceros” en donde se realizó el ajuste de las medidas finales y se realizó un espejeo de la oreja derecha. Mediante el programa “Prusa Slicer” se realizó el fileteo de los archivos, dando como resultante dos modelos de manera satisfactoria, los cuales fueron entregados al servicio de maxilofacial.

Estos casos ilustran la aplicación de tecnologías actuales de diseño e impresión 3D en la creación de prótesis maxilofaciales, permitiendo una personalización precisa y una respuesta rápida a las necesidades de los pacientes y los profesionales de la salud. Dichos casos y prototipos además de ser probados dentro del HRAEI fueron usados como un primer paso experimental en la creación de un laboratorio de diseño dentro de esta unidad hospitalaria, tomando como ejemplo estos casos para hacer una estimación de los materiales, el personal y el equipo necesario para poder sustentar un modelo económico factible.

Metas alcanzadas.

Gracias al empleo de técnicas de diseño industrial en un contexto clínico, se lograron estandarizar procesos para su aplicación en la creación tanto de dispositivos de diagnóstico clínico, piezas de repuesto y adaptación de material de laboratorio, como la creación de prótesis maxilofaciales.

Por lo cual se logró crear un modelo económico, el cual, gracias a una inversión inicial y una mínima inversión mensual, logra tener la capacidad de generar tanto el desarrollo de prototipos, como prótesis maxilofaciales con relativa rapidez y un alto grado de eficacia, los cuales además de tener la capacidad de ser comercializados, son económicos, tanto en su producción como en su precio comercial, además de representar un beneficio económico para el personal hospitalario, como para los pacientes involucrados.

Resultados y conclusiones.

Gracias a la intervención de distintas áreas de investigación entre las cuales se encuentran la medicina, la enfermería, la química, la electrónica y el diseño industrial se concluyeron exitosamente 12 dispositivos de diagnóstico médico, entre los que se encuentra un colorímetro de luz visible, un espectrofotómetro de luz visible, un agitador orbital, una banda impresora de PCR, etc., adicionalmente se realizaron con éxito cuatro aplicadores de braquiterapia intracavitaria (Ilustración 17,18,19,20) y diez prótesis maxilofaciales, entre las cuales se encuentran la reconstrucción de dos cráneos, la reconstrucción de dos mandíbulas, el escaneo y posterior creación de dos orejas, etc.

El estado actual de los dispositivos se encuentra en registro de patente, sin embargo, tanto el colorímetro, como el espectrofotómetro y el agitador orbital ya se encuentran en uso dentro los laboratorios del área de investigación molecular del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

Demostrando de esta manera que la intervención de las técnicas y conocimientos propios del diseño industrial en las ciencias médicas crean una excelente combinación para la búsqueda de soluciones efectivas, personalizadas y económicas.

En conclusión, la creación de un departamento especializado en el diseño e impresión 3D de prótesis maxilofaciales, representa una innovación en esta institución, ofreciendo soluciones personalizadas y de alta calidad para pacientes con necesidades específicas. Esta iniciativa aprovecha la tecnología de impresión 3D para agilizar el proceso de diseño y fabricación, permitiendo una rápida iteración y ajustes personalizados.

Además, la implementación de este servicio no solo beneficia a los pacientes al mejorar la comodidad, funcionalidad y apariencia de las prótesis, sino que también puede tener un impacto positivo en la economía del hospital al reducir la dependencia de proveedores externos y generar potenciales ahorros a largo plazo.

La experiencia y los casos de éxito presentados demuestran el potencial y la viabilidad de este enfoque, destacando la importancia de la personalización en la creación de prótesis y su aplicación en diversos campos de la medicina. En resumen, la creación de un departamento de prótesis maxilofaciales con tecnología 3D es una iniciativa prometedora que puede mejorar significativamente la calidad de vida de los pacientes y la eficiencia del hospital en su conjunto.

Recomendaciones.

Cuando se trata de intervenir en un área desconocida para el diseño, las técnicas más efectivas van acompañadas de una correcta metodología, la cual, en caso de no existir puede ser tomada de una ya existente en un contexto similar y debe ser adaptada al contexto específico en el que se pretende aplicar, es por esto que es recomendable que, en caso de no existir un símil en los procesos a aplicar, realizar una investigación del “estado del arte” del área a trabajar. Ya que esto nos proporcionara una gama amplia de posibilidades a aplicar en nuestras problemáticas. Siempre haciendo uso de la lógica y nunca cerrándonos a nuevas técnicas y procesos.

Referencias. (Empleadas como casos de estudio en el desarrollo de este servicio social)

- Alvarez-Sánchez, E., & Falfán, L. G. (2019). El impacto de la impresión 3D en la construcción de una prótesis de mano. *PÄDI boletín científico de ciencias básicas e ingenierías del ICBI*, 7(Especial), 27-31. <https://doi.org/10.29057/icbi.v7iespecial.4167>
- Bucco, M. (2016). *La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos)*. <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/11878/1/%5bP%5d%5bW%5d%20T.M.%20Ges.%20Bucco%2c%20Mariano.pdf>
- Campos, T. (2016, 5 diciembre). *Científicos en Guadalajara producen prótesis craneales de bajo costo*. Xataka México. <https://www.xataka.com.mx/investigacion/cientificos-en-guadalajara-producen-protesis-craneales-de-bajo-costo>
- D, L. L., R, D. S., B, S. R., & U, J. Z. (2020). Impacto funcional y psicosocial del uso de prótesis de bajo costo en impresión 3D en amputado unilateral de antebrazo: estudio de un caso. *Rehabilitación integral*, 14(1), 8-15. <https://doi.org/10.51230/ri.v14i1.43>
- David Borjas, R., Aleman, & César Flores, W., Castro. (2015). Fabricación de una Prótesis Humana utilizando una impresora 3D en Honduras. *Trigésima Quinta Convención de Centroamérica y Panamá del IEEE*. https://www.researchgate.net/publication/281784966_Fabricacion_de_una_Protesis_Humana_utilizando_una_impresora_3D_en_Honduras
- López-Gualdrón, C. I., Bautista-Rojas, L. E., & Machuca-Gelvez, J. A. (2020). Reconstrucción 3D para el desarrollo de prótesis de miembro inferior. *Revista UIS Ingenierías*, 19(1), 73-85. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n1-2020007>
- Serna, E. (2017). *Desarrollo e Innovación en Ingeniería* (2.ª ed., Vol. 1) [Digital]. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna-M/publication/331385353_Desarrollo_e_innovacion_en_ingenieria_ed_2/links/5c76e4ce92851c69504663b5/Desarrollo-e-innovacion-en-ingenieria-ed-2.pdf#page=589