

# CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE UN MONITOR DE POSICIÓN DE HAZ

Jurado López Isaac (1), Geoffrey Humberto Israel Maury Cuna (2),

1 Ingeniería Mecatrónica, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: isaacjurado@hotmail.com

2 Departamento de Física, División de Ciencias e Ingeniería, Campus León, Universidad de Guanajuato | Israel.maury@ugto.mx

## Resumen

En este trabajo se explica el proceso de construcción y los materiales utilizados en la fabricación de un monitor de posición de haz. Para su construcción se emplearon diferentes máquinas herramienta como: torno universal, fresadora, taladro de banco y una cortadora CNC. Se mencionan algunas de las ventajas y desventajas del uso de la maquinaria convencional y la maquinaria CNC empleada relacionadas con la precisión de las mismas. Se reporta, también, las problemáticas surgidas en el proceso de fabricación, las adaptaciones y calibraciones necesarias que se tuvieron que implementar en el transcurso de la fabricación debido a dificultades técnicas. Se muestra el diseño original y las modificaciones hechas en el transcurso de la construcción; se incluye la descripción del prototipo finalizado.

## Abstract

In this work we explain the construction and materials used in the fabrication of a Beam Position Monitor. We used mainly four types of machine tools like: universal lathe, milling machine, drill press and a CNC cutter. In addition, we mentioned some of the advantages and disadvantages involved with the use of both conventional and CNC machines employed, some issues were related with the precision achievable with each type of machine. Also, we report the issues arising on the manufacturing process, the adaptations and calibrations necessities to implement in this process due to the lack of tools. We show the original design and the re-adaptations done in the course of the construction and the finalized prototype.

## Palabras Clave

Maquinado; Torneado; Fresado; Desbaste; BPM; Aceleradores

## INTRODUCCIÓN

Los aceleradores de partículas son máquinas que incrementan la energía cinética de las partículas y las confinan en haces bien definidos. Estas máquinas pueden ser de diferentes tamaños y para su funcionamiento se aplican una variedad de principios técnicos basados en la interacción de cargas eléctricas con campos electromagnéticos (estáticos y dinámicos) [1].

Entre los componentes de un acelerador, los monitores de posicionamiento del haz (Beam Position Monitor, BPM) son de vital importancia para el correcto funcionamiento de la máquina, ya que su función principal es proporcionar información sobre la posición del haz dentro de la cámara de vacío del acelerador. Para los "Linacs" (acrónimo en inglés de Linear Accelerator) el BPM es usado para medir y corregir la trayectoria del haz, mientras que para los aceleradores circulares (o sincrotrones) son distribuidos a lo largo de la circunferencia y monitorean la posición del haz para calcular la órbita cerrada. El funcionamiento del BPM se basa en el concepto de corriente imagen inducida en un conductor por una corriente externa. Las características de la corriente imagen dependen de la intensidad de la corriente externa y de su posición con respecto al electrodo [2].

En México, el desarrollo de los aceleradores de partículas es relativamente nuevo y con poco desarrollado, siendo una de las principales razones de la falta de investigación en este campo el alto costo de los dispositivos y demás componentes que conforman los aceleradores de partículas.

En este proyecto se presenta el proceso de construcción de un monitor de posicionamiento de haz, que es un dispositivo clave que conforma un acelerador de partículas. En una primera etapa con un fin didáctico para su demostración en escuelas y entrenamiento de recursos humanos. Posteriormente, en una segunda etapa, comenzar con el desarrollo de prototipos funcionales para su estudio e implementación en aceleradores mexicanos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados en el proyecto fueron los siguientes: tubos y placas de aluminio, barras cilíndricas de nylamid, tornillería de acero, placa de cobre y placa de acrílico. Para la fabricación del dispositivo se maquinaron en el torno todos los perfiles cilíndricos a revolución; además del trozado y roscado. En la fresadora se realizaron perfiles planos e inclinados con un bajo grado de dificultad de maniobra. En el cortador CNC se realizaron los maquinados con mayor grado de dificultad, ya que en la fresadora convencional hubiera tomado más tiempo y, por último, en el taladro de banco se realizaron los procesos de perforación y machuelado. Se partió de un diseño hecho con el programa INVENTOR (véase IMAGEN 1), que posteriormente se adaptó al software del CNC.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al maquinar cada uno de los materiales y perfiles proporcionados, nos dimos cuenta que la falta de precisión es evidente en las maquinarias convencionales, por lo que se recurrió al empleo del cortador CNC. En el caso del CNC empleado se detectó problemas al maquinar algunas piezas debido a que la falta de robustez de la máquina producía vibraciones que afectaban la calidad del acabado. Se tuvo que implementar puntos de sujeción adicionales a la pieza y cortes con menor ataque. En las IMÁGENES 2-5, se ilustra el proceso de construcción desde sus inicios. Se puede apreciar que para la fabricación del dispositivo se emplearon tanto máquinas convencionales como numéricas. Alternando entre ellas en función del grado de precisión necesario. En las IMÁGENES 6-7, se muestra el proceso de fabricación del electrodo de cobre, que recolectará la señal inducida por el haz de partículas. En la Imagen 8 se presenta el BPM terminado, se ha quitado una de las tapas laterales para mostrar el interior del mismo.

Como trabajo futuro, se planea hacer la caracterización del BPM haciendo pasar una corriente eléctrica por medio de un cable situado en el interior del monitor. Dicha corriente, será alimentada por medio de un generador de funciones que simule la distribución de corriente

de un haz de partículas en un acelerador real. La señal producida por dicho haz simulado será recolectada en el electrodo de cobre que estará conectado a un analizador de espectros para caracterizar y obtener los parámetros  $S$  y la impedancia del dispositivo. La intensidad esta señal inducida en el electrodo (señal imagen) depende de la corriente del haz y de su posición con respecto al electrodo. Lo anterior, conformará la primera fase de este proyecto: utilizar el monitor para entrenar recursos humanos en las mediciones relacionadas con este tipo de dispositivos.

## CONCLUSIONES

Se construyó un monitor de posición del haz partiendo del diseño hecho en INVENTOR. De esta manera podemos concluir que las piezas y dispositivos que conforman un dispositivo de este tipo pueden ser fabricadas en talleres de maquinado convencionales y no tienen que ser forzosamente conseguidos en otros países. La primera fase del proyecto ha concluido y como trabajo futuro se espera realizar la caracterización del BPM.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor de la División de Ciencias e Ingenierías de la Universidad de Guanajuato, Dr. Georfrey Humberto Israel Maury Cuna por haberme dado la oportunidad de participar en su proyecto de aceleradores, permitiéndome fabricar uno de los dispositivos que estos utilizan, además de proporcionar toda su ayuda y experiencia en el campo de aceleradores de partículas para comprender el principio de funcionamiento de un dispositivo BPM. También, quiero agradecer a mi colega Verónica Bravo Galindo por haber proporcionado el diseño mecánico del BPM que se fabricó.

## REFERENCIAS

[1] Helmut Wiedemann (2015). Particle Accelerators Physics (4th ed). California, USA .Springer. Seccion 1.2 Particle Accelerators Systems

[2] M. Gasior, R. Jones, T. Lefevre, H. Schmickler. & K. Wittenburg. (2016). Introduction to Beam Instrumentation and Diagnostics. Cornell University Library.

## Libro:

Capítulo de libro

Wangsness, R. K. (1992). Métodos especiales en electrostática. En Campos Electromagnéticos (pp. 217-237). Grupo Noriega Editores.

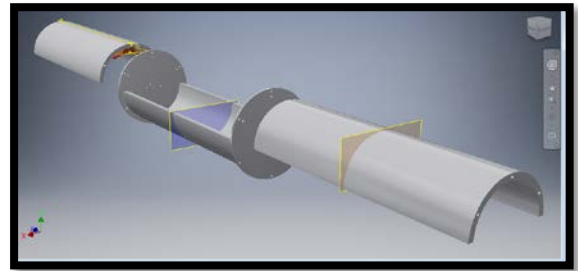


IMAGEN 1: En esta imagen se observa el diseño completo del "BPM"



IMAGEN 2: En esta imagen se puede apreciar un tubo de aluminio siendo cortado por una cuchilla en un torno.



IMAGEN 3: El cilindro (en su longitud final) siendo cortado longitudinalmente en la cortadora CNC para obtener la mitad del cilindro requerida.



IMAGEN 4: Se aprecia las mitades obtenidas del corte del cilindro de la imagen 3.



IMAGEN 5: En esta imagen se aprecia otro cilindro siendo debastado en una fresadora convencional, ya que de este cilindro se ocupó hacer unos maquinados en sus bordes.



IMAGEN 6: En esta imagen se muestra un bloque de cobre siendo maquinado en una fresadora convencional, esta pieza de cobre será la placa electrodo del "BPM".



IMAGEN 7: Se puede apreciar que se calienta la pieza de cobre de la Imagen 5 para poder darle la curvatura requerida.



IMAGEN 8: En esta imagen se muestra el "BPM" finalizado. Se ha quitado una de sus tapas laterales para mostrar el interior.