SINTESIS DE UN MATERIAL MAGNETORRESISTIVO Y SU IMPLEMENTACIÓN EN UN DISPOSITIVO ELECTRONICO

JULIO ENRIQUE MUÑOZ BURBANO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2016

SINTESIS DE UN MATERIAL MAGNETORRESISTIVO Y SU IMPLEMENTACIÓN EN UN DISPOSITIVO ELECTRONICO

JULIO ENRIQUE MUÑOZ BURBANO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director
Mg. DARIO FERNANDO FAJARDO FAJARDO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2016

“LAS IDEAS Y CONCLUSIONES APORTADAS EN LA TESIS DE GRADO, SON DE RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DE LOS AUTORES”

ARTICULO 1 DEL ACUERDO No. 324 DE OCTUBRE 11 DE 1966, EMANADO DEL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Nota de aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Mg. Dario Fajardo
Presidente

Mg. Jenny Mera
Jurado

Mg. Carlos Torres
Jurado

San Juan de Pasto, Mayo 2016

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación se propone diseñar un dispositivo electrónico, libre de contacto mecánico, proceso que se logra a través de la sintetización de un material magnetorresistivo.

El material sintetizado corresponde a la perovskita $La_{0,7}Sr_{0,3}MnO_3$ denominada LSMO y que presentó el fenómeno de magnetoresistencia colosal, esta característica fue tenida en cuenta para realizar su síntesis, por el método de Pechini.

La perovskita LSMO presentó una variación apropiada de su resistencia eléctrica cuando se le aplicó un campo magnético externo. El DRX de esta muestra indicó el tipo de cristal característico de la perovskita que corresponde a una estructura cubica cuya disposición general tiene la forma ABO_3. En el cristal los sitios A están ocupadas por átomos de Lantano y Estroncio, y los sitios B están ocupados por átomos de Manganeso.

Las curvas de temperatura y resistencia en función del campo magnético externo fueron las esperadas para este tipo de muestras

La perovskita LSMO se implementó en un dispositivo electrónico que fue diseñado en tres etapas, fuente, amplificación y conmutación con el propósito de controlar un relé de estado sólido, cuyo resultado final, un interruptor libre de contacto mecánico.

ABSTRACT

The following research work aims to design an electronic device, free of mechanical contact, a process achieved through synthesizing of a magnetoresistive material.

The synthesized material corresponds to the $La_{0,7}Sr_{0,3}MnO_3$ perovskite, LSMO called, presented the phenomenon of colossal magnetoresistance , this feature was taken into account for its synthesis , by the method of Pechini .

The LSMO perovskite presented an appropriate variation of its electrical resistance when applied an external magnetic field, which enabled the continuation of the investigation. The XRD of this sample indicated the type characteristic of the perovskite crystal, cubic structure whose general arrangement has the form ABO_3 . In the crystal the sites are occupied by lanthanum and strontium atoms, and B sites are occupied by manganese atoms.

Temperature curves and resistance depending on the external magnetic field were expected for these samples.

The LSMO perovskite was implemented in an electronic device that was designed in three stages, source, amplification and switching in order to control a solid state relay, the final result, a free mechanical contact switch.

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
	INTRODUCCIÓN	5
1.	PROBLEMA	6
1.1	DESCRIPCCIÓN DEL PROBLEMA	6
1.2	FORMULACION DEL PROBLEMA	6
2.	ALCANCE Y DELIMITACIÓN	7
3.	OBJETIVOS	8
3.1	OBJETIVO GENERAL	8
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
4.	MARCO CONCEPTUAL	9
4.1	PEROVSKITA	9
4.2	MAGNETORRESISTENCIA	10
4.3	TIPOS DE MAGNETORRESISTENCIA	11
4.3.1	Magnetorresistencia gigante	11
4.3.2	Magnetorresistencia colosal	11
4.3.3	Magnetorresistencia anisotropica	12
4.3.4	Magnetorresistencia túnel	12
4.4	MÉTODO DE PECHINI	13
4.5	MEDICION DE RESISTIVIDAD	13
4.6	INTERRUPTOR MECANICO	16
5	ANTECEDENTES	19
5.1	SENSOR MAGNETORRESISTIVO	19
5.2	SENSOR AMR	19
5.3	SENSOR GMR	19
5.4	SENSOR CMR	20
5.5	SENSOR TMR	20
5.6	ALGUNAS APLICACIONES DE MATERIALES MAGNETORRESISTIVOS EN SENSORES ELECTRONICOS	20
5.6.1	Sensor DIMOS	20
5.6.2	Sensor de gas	21
5.6.3	Sensor de posición magnética basado en magnetorresistencia colosal nanocristalina	21
6	METODOLOGIA	22
6.1	SINTESIS DE LA PEROVSKITA LSMO	22
6.2	MEDICION DE MAGNETORRESISTENCIA	24

		Pág.
6.3	RESPUESTA DEL SENSOR DE CAMPO MAGNETICO A1302	24
6.4	VARIACION DE MAGNETORRESISTENCIA EN FUNCION DEL CAMPO MAGNETICO EXTERNO	26
6.5	VARIACION DE RESISTIVIDAD EN FUNCION DEL CAMPO MAGNETICO EXTERNO	27
6.6	VARIACION DE MAGNETORRESISTENCIA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA	27
6.7	ESTAPA DE AMPLIFICACION	28
6.8	DISEÑO DE INTERRUPTOR LIBRE DE CONTACTO MECANICO	30
7	ANALISIS DE RESULTADOS	37
8	CONCLUSIONES	52
9	RECOMENDACIONES	53
10	BIBLIOGRAFIA	54

LISTA DE GRAFICAS Y TABLAS

		Pág.
Gráfica 1	Difracción de rayo X de la perovskita LSMO	37
Gráfica 2	Respuesta del sensor A1302	39
Gráfica 3	Variación de magnetorresistencia en función del campo magnético externo	41
Gráfica 4	Variación de resistividad en función del campo magnético aplicado.	44
Gráfica 5	Variación de magnetoresistencia en función de la temperatura.	47
Tabla 1	Respuesta del sensor A1302 respecto al campo magnético aplicado	39
Tabla 2	Variación de magnetoresistencia en función del campo magnético externo	42
Tabla 3	Variación de resistividad con respecto a la distancia de aplicación del campo magnético.	44
Tabla 4	Variación de magnetoresistencia en función de la Temperatura.	47

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Estructura del tipo perovskita	9
Figura 2	Esquema del método de cuatro puntas	14
Figura 3	Multímetro NI USB 4065	14
Figura 4	Multímetro NI USB 4065, vista frontal	15
Figura 5	Disposición de los electrodos para medición de resistividad	15
Figura 6	Esquema de interruptor de palanca	16
Figura 7	Esquema de pulsador	17
Figura 8	Esquema de interruptor selector	17
Figura 9	Esquema de interruptor *joystick*	17
Figura 10	Montaje de laboratorio del sensor DIMOS	20
Figura 11	Esquema de sensor de gas	21
Figura 12	Sensor de posición basado en la muestra LSMO	21
Figura 13	Pastilla de la perovskita LSMO	23
Figura 14	Pastillero utilizado para obtenerla muestra de la perovskita LSMO	23
Figura 15	Estructura interna del sensor A1302	25
Figura 16	Sensor A1302	25
Figura 17	Conexión del sensor A1302	25
Figura 18	Imanes de Neodimio	26
Figura 19	Estructura interna del amplificador de instrumentación INA 122	29
Figura 20	Prueba de fuente de corriente y etapa de amplificación.	30
Figura 21	Fuente de corriente constante con el amplificador LM 741	31
Figura 22	Estructura interna del amplificador LM 358	32
Figura 23	Prueba del circuito con relé mecánico	33
Figura 24	Estructura interna del relé de estado solido SSR 25DA	34
Figura 25	Diseño del circuito en PCBwiz	34
Figura 26	Placa final para el circuito libre de contacto mecánico	35
Figura 27	Disposición final de los elementos del circuito libre de contacto mecánico	36

		Pág.
Figura 28	DRX de la muestra $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_3$	38
Figura 29	Magnetoresistencia en función de la temperatura para la muestra LSMO	51

LISTA DE ANEXOS

		Pag 56
11.1	CALCULOS PARA LA SINTESIS DE LA MUESTRA LCBMO	56
11.2	CALCULOS PARA LA SINTESIS DE LA MUESTRA LSMO	57
11.3	APORTES PARA CONGRESOS NACIONALES E INTERNACIONALES	57
11.3.1	Aporte para XXIV Congreso Nacional de Física	58
11.3.2	Carta de aceptación XXIV Congreso Nacional de Física	59
11.3.3	Aporte 22Nd Latin American Symposiun on solid state physics	60
11.3.4	Captura de pantalla SLAFES 2015	61

GLOSARIO

PEROVSKITA: Material cerámico con estructura cristalina cubica centrada en el cuerpo.

MAGNETORRESISTENCIA: Fenómeno cuántico mediante el cual algunos materiales cambia su resistencia eléctrica en presencia de un campo magnético externo.

LSMO: Abreviatura para hacer referencia a la familia de perovskitas tipo La1-xSrxMnO3.

RELE: Dispositivo de conmutación que permite contralar voltajes alternos de gran magnitud por medio de voltajes bajos de corriente continua.

DRX: Análisis de difracción de rayos X para determinar el tipo de fase cristalina de una muestra sólida.

INTERRUPTOR: Cualquier dispositivo que permite o interrumpe el paso de la corriente eléctrica.

INTRODUCCIÓN

La electrónica en sí, se fundamenta en el control de fenómenos eléctricos tales como el voltaje o la corriente con el fin de lograr que un dispositivo electrónico cumpla una función determinada bajo algunas restricciones físicas, ambientales y económicas.

Con el fin de conseguir la manipulación de los fenómenos eléctricos se han usado dispositivos que funcionan con partes móviles, como lo son los interruptores, pulsadores, potenciómetros entre otros.

En el uso de este tipo de dispositivos se ha presentado algunos problemas, tales como: desgaste[1], oxidación[2]; que ocasionan el comportamiento anómalo de los artefactos causando problemas en los dispositivos que los contienen. Por esta razón se hace necesario el diseño y construcción de dispositivos electrónicos que no presenten este tipo de inconvenientes ocasionados por las partes mecánicas que los integran.

En la actualidad los avances en la ciencia han logrado la obtención de nuevos tipos de materiales que presentan características especiales en circunstancias determinadas. Este es el caso de las perovskitas[3] las cuales presentan el fenómeno de magnetorresistencia[4], que implica una variación en su resistencia eléctrica en presencia de un campo magnético. Para aplicaciones en dispositivos electrónicos se requiere que la variación de la resistencia eléctrica del material sea como mínimo de 1,5% en presencia del campo magnético.

El uso de este tipo de materiales como materia prima para la construcción de dispositivos electrónicos es una alternativa para solucionar los problemas de oxidación, desgaste y ruido que presentan los elementos fabricados mediante piezas mecánicas, para poder descartar de forma definitiva todos los inconvenientes que estos poseen.

---

[1] Acevedo J, Herreño F; 27 al 30 de noviembre de 2007. Caracterización de fenómenos de desgaste y deterioro en interruptores de potencia y su aplicación en la definición de la estrategia de mantenimiento.

[2] Nasrallah E, Bricki F, Perron S; Enero - Febrero 2007. Contactos eléctricos en Interruptores de Potencia de MT y AT

[3] Definición de Perovskita <http://www.bdigital.unal.edu.co/4261/2/2299928.20112.pdf>

[4] Peña L; 2013. Sistemas nanoestructurados y propiedades de transporte en capas delgadas de manganita. <www.tdx.cat/bitstream/10803/144552/1/LAPG_TESIS.pdf>

1. PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Esta época está caracterizada por el descubrimiento de nuevos materiales que ofrecen nuevas posibilidades tecnológicas, de igual forma el descubrimiento de ciertas propiedades de algunos elementos hacen posible la aparición de nuevos dispositivos de mayor eficiencia y confiabilidad.

Los avances de la física y la electrónica combinadas con el progreso de la ciencia de los materiales han dado lugar a nuevos circuitos eléctricos y electrónicos.

Los dispositivos utilizados en conmutación electrónica que contienen piezas mecánicas presentan problemas de funcionamiento debido al desgaste y oxidación de las mismas.

La aplicación de los materiales magnetorresistivos en el funcionamiento de dispositivos electrónicos podría dar solución al problema del desgaste de las piezas mecánicas, siendo acoplados correctamente en el diseño de un circuito electrónico libre de dichos contactos mecánicos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo los materiales magnetorresistivos implementados en dispositivos electrónicos son una alternativa al desgaste y oxidación de piezas mecánicas en aplicaciones de conmutación?

2. ALCANCE Y DELIMITACION

El alcance de este proyecto es la implementación de un material Magnetorresistivo en un dispositivo electrónico, para lo cual se requiere la síntesis de materiales que presenten el fenómeno de magnetorresistencia, dicho fenómeno debe ser apreciable mediante instrumentos de medición.

El sensor diseñado requiere de una variación de resistencia superior al **1,5%** del valor inicial. Esto limita el dispositivo electrónico a trabajar con muestras sintetizadas que presenten este rango mínimo de variación de resistencia en presencia de un campo magnético externo.

Las dimensiones del dispositivo desarrollado son: alto 2 cm, ancho 9,5 cm y 5 cm de largo, en su presentación circuito impreso. Puede ser usado para detectar la presencia de elementos pequeños donde se puedan acercar o unir a un pequeño imán de neodimio o en presencia de un electroimán que garantice la variación requerida de magnetorresistencia.

El dispositivo se puede implementar como instrumento de detección de la variación de resistencia no solo para muestra magnetorresistivas, sino también para otros tipos de variaciones de resistencia, debido a su versatilidad y la sensibilidad para la detección de bajas fluctuaciones de resistencia.

El sensor permite trabajar con una fuente de alimentación regulada, o con baterías, que tengan un valor comprendido entre 5 V DC, hasta 12 v DC, siendo este último un valor máximo de voltaje.

3. OBJETIVOS

a. OBJETIVO GENERAL

Realizar la síntesis de un material magnetorresistivo, e implementarlo en un dispositivo electrónico

b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener, por el método de Pechini, un material magnetorresistivo para su implementación en un dispositivo electrónico.

- Identificar las propiedades eléctricas y algunas propiedades físicas del material magnetorresistivo, para su uso en el diseño y construcción de un dispositivo electrónico.

- Diseñar e implementar un dispositivo electrónico de conmutación con el material magnetorresistivo sintetizado.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 PEROVSKITA.

Las perovskitas son cerámicas (sólidos que combinan elementos metálicos con no metálicos) que tienen la disposición atómica de $CaTiO_3$. Las perovskitas son cerámicas, que por lo general, forman estructuras cúbicas, presentan comportamiento desde aislantes hasta superconductores, pasando por semiconductores, conductores metálicos, manganitas y ferroeléctricos .La alteración de la estructura ideal de las perovskitas da lugar a la posibilidad de encontrar nuevas propiedades eléctricas y magnéticas[5].

En su forma ideal, las perovskitas son descritas por la expresión generalizada ABX_3, constan de cubos compuestos de tres elementos químicos diferentes A, B y X presentes en una proporción 1:1:3 y tienen estructura cúbica Los átomos A y B son cationes metálicos (iones con carga positiva) y los átomos X son aniones no metálicos (iones con carga negativa, generalmente oxígeno). El catión A que es el de mayor radio atómico se encuentra el centro del cubo, el catión B ocupa los ocho vértices y en centro de las aristas de la celda cúbica se encuentran centrados los aniones X

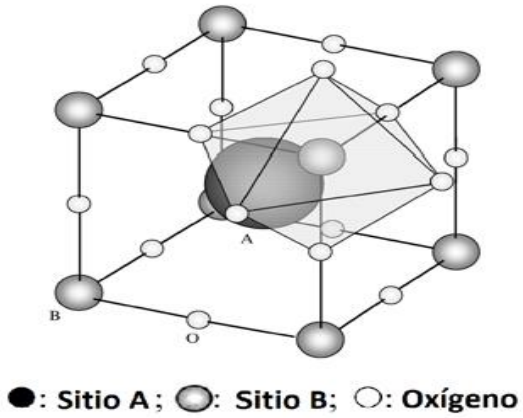


Figura 1. Estructura ideal tipo Perovskita

La perovskita $La_{0,7}Sr_{0,3}MnO_{3,}$ LSMO, presenta el fenómeno de magnetorresistencia colosal, lo cual implica una variación significativa de su

[5] Perovskitas, generalidades y propiedades cristalinas. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Tecnologo/6157459.html>

resistencia eléctrica, en presencia de un campo magnético externo, esto permite su implementación en dispositivos electrónicos.

Para la familia de perovskitas LSMO, $La_{1-x}Sr_xMnO_3$, formada por Lantano, Estroncio, Manganeso y Oxigeno, se presenta una variación de su comportamiento magnético en función del dopaje X[6] y de la temperatura, de tal manera se tiene que para un dopaje $0 \leq x \leq 0,1$ la muestra presenta un comportamiento aislante a bajas temperaturas con orden antiferromagnetico. Para un dopaje un poco mayor, a bajas temperaturas, aparee una fase ferromagnética aislante.

Los compuestos con $0,15 \leq x \leq 0,5$ son ferromagnéticos y metálicos a bajas temperaturas y para temperaturas por encima de la temperatura de Curie, en el estado paramagnético son aislantes para x menor que 0,25 y metálicos para x mayor a dicho valor. Para $x > 0,5$ aparece una fase antiferromagnetica y metálica a bajas temperaturas.

4.2 MAGNETORRESISTENCIA.

El término magnetoresistencia (MR) se refiere al cambio relativo de la resistencia Eléctrica de un material frente a la aplicación de un campo magnético externo. El valor de la magnetoresistencia puede ser positivo o negativo en función de la respuesta de la resistencia a la aplicación del campo magnético. Todos los metales reflejan MR y dicho valor puede ser marcadamente alto o de tan sólo unos puntos porcentuales en función del tipo de material, la orientación o la magnitud del campo magnético[7].

El fenómeno de la MR se clasifica con diferentes nombres en función del origen físico, o que dependa de las propiedades intrínsecas o extrínsecas del material. Por ejemplo, una propiedad intrínseca serían los valores de las constantes de anisotropía de material, las cuales dependen de la estructura cristalina, la composición o pureza del material mientras que, una propiedad extrínseca sería su coercitividad, la cual depende tanto de la microestructura del material como de su forma.

---

[6] Granda M. Marzo 2007. Transporte polarizado en spin en nanoestructuras magnéticas a base de manganitas.

[7] Peña L; 2013. Sistemas nanoestructurados y propiedades de transporte en capas delgadas de manganita. <www.tdx.cat/bitstream/10803/144552/1/LAPG_TESIS.pdf>

4.3 TIPOS DE MAGNETORRESISTENCIA.

4.3.1 MAGNETORRESISTENCIA GIGANTE.

La observación de la magnetoresistencia gigante[8] (GMR) comenzó con el descubrimiento de una magnetoresistencia con un valor modesto a temperatura ambiente en tricapas del tipo Fe/Cr/Fe y multicapas del tipo Fe/Cr, ambas crecidas de manera epitaxial. Sin embargo, poco tiempo después se descubrió un gran valor de MR a temperatura ambiente en multicapas del tipo Co/Cu], con lo cual, paso a denominarse magnetoresistencia gigante (GMR).

Partiendo del hecho de que la longitud de coherencia del espín es de algunas decenas de nanómetros, la cual, es una distancia mayor que el espesor de la multicapa, entonces puede asumirse que la corriente eléctrica en la tricapa se realiza a través de dos canales paralelos: uno para los electrones cuya proyección del espín es hacia arriba (espín up) y otro para los electrones cuya proyección del espín es hacia abajo (espín down), espines que se simbolizan con ↑ y ↓, respectivamente.

El otro elemento esencial en la explicación del fenómeno, es que el valor de dispersión que experimentan los electrones al atravesar una capa ferromagnética depende de la orientación de su espín con respecto a la magnetización de dicha capa. Todo ello permite el empleo de un simple circuito de resistencias para explicar, de modo cualitativo, el fenómeno de la GMR. Este simple modelo predice que el valor de resistencia de las multicapas magnéticas es mayor cuando la magnetización de las capas es antiparalela, si se compara con el caso en que la magnetización de las capas es paralela.

4.3.2 MAGNETORRESISTENCIA COLOSAL

En 1994 Jin y colaboradores descubrieron que al aplicar un campo magnético (H ~ 5T) cerca de la temperatura de Curie[9] de una manganita del tipo La⅔Ca⅓MnO3, se obtenía un pico inusualmente alto en el valor de MR (~ $-1.3x10^3$).

En esta oportunidad, la presencia del campo magnético externo induce y luego estabiliza el orden magnético y, por tanto, la conductividad de la manganita cuando esta se encuentra ligeramente por encima de la temperatura de Curie y,

---

[8] Diego R. Junio de2006. Nuevos óxidos metálicos ferromagnéticos.
[9] Ferromagnetismo: fundamentos físicos. <http://www4.tecnun.es/asignaturas/PFM_Mat/Prog/Ferrom.pdf>

por tanto, presenta, en ausencia de campo magnético ya sea una fase paramagnética y aislante o de cargas localizadas. De modo que el campo magnético externo induce la transición hacia el estado ferromagnético y metálico y, en consecuencia, una drástica caída de la resistencia eléctrica que indica la transición I-M inducida por el campo magnético. Evidentemente el valor máximo de esta respuesta se obtiene en las proximidades de TC.

Debido a que el efecto magnetorresistivo descrito en el párrafo anterior es muy superior a la denominada magnetoresistencia gigante entonces, dicho fenómeno pasó a llamarse magnetoresistencia colosal (CMR).

4.3.3 MAGNETORRESISTENCIA ANISOTRÓPICA

Además del cambio de la resistencia eléctrica en función de la magnetización a una determinada temperatura, como en el caso de la GMR o la CMR, existen otros dos factores que también pueden cambiar la resistencia de una muestra ferromagnética en función del campo magnético aplicado. El primero de ellos es la temperatura y el segundo está relacionado con la orientación entre la magnetización y el flujo de la corriente eléctrica. Precisamente, el cambio de resistencia eléctrica en función de éste último factor es lo que se conoce como magnetoresistencia anisotrópa (AMR).

La AMR es una propiedad que presentan todos los metales ferromagnéticos y está relacionada con la diferencia entre los valores de la magnetoresistencia cuando la corriente eléctrica es paralela a la magnetización y cuando la orientación de estas dos últimas es perpendicular.

La AMR fue descubierta en metales ferromagnéticos por William Thomson en el año 1857 sin embargo, con frecuencia resulta difícil analizar los trabajos sobre AMR realizados antes de 1945 porque hasta ese momento se confería poca importancia al valor de magnetoresistencia en el caso de que la magnetización y la corriente tuviesen orientación perpendicular.

4.3.4 MAGNETORRESISTENCIA TÚNEL

Se denomina magnetoresistencia túnel (TMR) al cambio de resistencia que aparece en las uniones túnel magnéticas (MTJ) cuando la orientación relativa de la magnetización entre los dos electrodos cambia. Una MTJ es un dispositivo que está integrado por dos capas de material magnético (electrodos) separadas por una fina capa de material aislante (barrera), típicamente unos cuantos nm, a

través de la cual los electrones pasan de un electrodo a otro por efecto túnel. La TMR es una consecuencia directa de del efecto túnel dependiente del espín.

4.4 METODO DE PECHINI

Este procedimiento se utilizó para la sintetización de la muestra de perovskita LSMO

El método Pechini fue propuesto en 1967 como una técnica de deposición de películas dieléctricas de titanatos y niobatos de elementos de plomo y alcalinotérreos en la producción de condensadores. Más tarde, el proceso se ha personalizado para la síntesis en laboratorio de materiales de óxidos multicomponentes finamente dispersos[10].

El método se basa en una mezcla intensiva de los iones positivos en una solución, la transformación de la solución controlada en un gel de polímero, la eliminación de la matriz de polímero y el desarrollo de un precursor de óxido con un alto grado de homogeneidad.

Durante el proceso de síntesis, sales de metales o alcóxidos se introducen en una solución de ácido cítrico con etilenglicol. La formación de complejos de cítricos se cree para equilibrar la diferencia en el comportamiento individual de los iones en solución, lo que resulta en una mejor distribución de los iones y evita la separación de los componentes en las etapas de proceso posteriores. La policondensación de etilenglicol y ácido cítrico comienza por encima 100ºC, resultando en la formación de gel citrato de polímero. Cuando la temperatura de calentamiento excede 400ºC, la oxidación y la pirólisis de la matriz polimérica comenzar, que conducen a la formación de óxido amorfo de rayos X y / o precursor de carbonato. El calentamiento adicional de este precursor como resultado la formación del material requerido con un alto grado de homogeneidad y dispersión.

4.5 MEDICION DE RESISTIVIDAD

El método utilizado para medir resistividad, método de cuatro puntas, se ilustra esquemáticamente en la *Fig. 2*. Hace uso de dos circuitos vinculados. Por un circuito se hace circular la corriente (circuito exterior).

[10] Metodo de Pechini.< http://eng.thesaurus.rusnano.com/wiki/article2075>

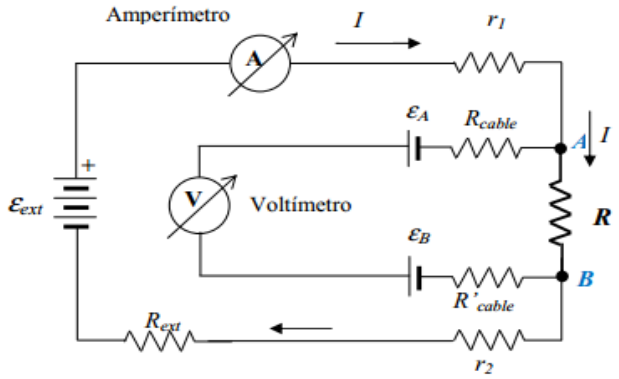


Figura 2. Esquema del metodo de Cuatro Puntas para la medicion de resistividad

Como en general los voltímetros modernos tienen altas resistencias internas, superior a los 10 MΩ, por el otro circuito de medición de la tensión (circuito interior de la figura) prácticamente no circula corriente.

Para la medición en las muestras sintetizadas se utilizó el multímetro NI USB 4065 de National Instruments, el cual posee un alimentación USB, y una resolución de 6 ½ dígitos.

Figura 3. Multimetro NI USB 4065

Figura 4. Multimetro NI USB 4065.
Vista frontal

Para la correspondiente medicion de resistencia porel metodo de cuatro puntas se utilizo el siguiente esquema representativo[11].

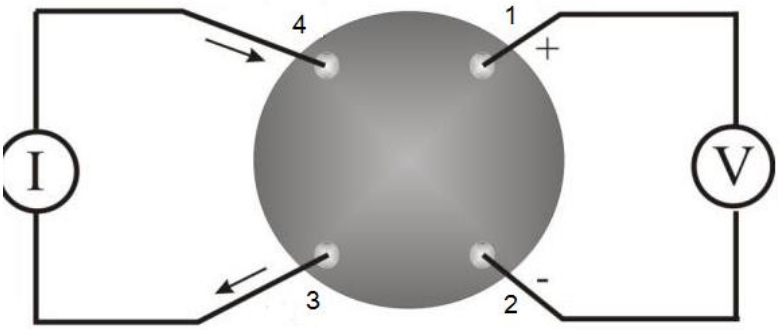


Figura 5. Disposicion de los electrodos
para medicion de resistividad.

En puntos equidistantes entre sí y simétricos al origen, se conectan los cuatro contactos 1, 2 3 y 4 haciendo uso de tintura de plata conductora de baja resistividad (0.02~0.1 ohm/cm^2).

Posteriormente se utiliza la disposición anterior en presencia de un campo magnético externo de 3800 Gauss, perpendicular a la dirección de la corriente, con el fin de registrar la variación de resistividad, por medio de la siguiente ecuación:

$$MR(H) = \frac{\rho(H) - \rho(H_0)}{\rho(H_0)} x100\%$$

[11] Fajardo D, Mera J. 30 de abril de 2011. Medida de Magnetorresistencia en la Manganita $La_{0.65}Sr_{0.35}Mn0_3$

Donde $\rho(H_0)$, es el valor de la resistividad en ausencia de campo magnético externo, y $\rho(H)$ es el valor de la resistividad en presencia de campo magnético (3800 Gauss).

4.6 INTERRUPTOR MECÁNICO.

Un interruptor eléctrico es cualquier dispositivo que se utiliza para impedir el flujo de electrones en un circuito. Los conmutadores son esencialmente dispositivos binarios: o bien son simplemente activada (“cerrado") o simplemente apagado ("abierta").

El tipo más sencillo de interruptor es uno en el que dos conductores eléctricos se ponen en contacto uno con el otro por el movimiento de un mecanismo de accionamiento mecánico. Otros interruptores son más complejos, que contienen circuitos electrónicos capaces de activar o desactivar la función de algún estímulo físico (como la luz o el campo magnético) detectados. En cualquier caso, el resultado final de cualquier conmutador será (al menos) un par de terminales de conexión de cables que, o bien se conectan entre sí mediante un mecanismo de guía interna del interruptor ("cerrado"), o no conectados entre sí ("abierta").

Cualquier interruptor diseñado para ser operado por una persona que generalmente se llama un interruptor de mano, se fabrica en diversas variedades.

Los interruptores de palanca son accionados por esta, en ángulo en una de dos o más posiciones. La mayoría de estos interruptores vendrán a descansar en cualquiera de las posiciones, mientras que otros tienen un mecanismo de resorte interno que regresar la palanca a una cierta posición normal, teniendo en cuenta lo que se denomina operación "momentánea".

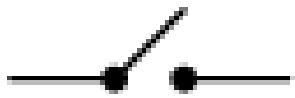


Figura 6. Esquema de interruptor de palanca.

Los pulsadores son dispositivos de dos posiciones accionado con un botón que se presiona y se suelta. La mayoría de los interruptores de botón tienen un mecanismo interno de regresar el botón para sus operaciones "fuera" o la posición "no presionada", para la operación momentánea.

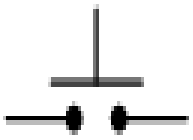


Figura 7. Esquema de un pulsador.

Los selectores se accionan con un mando giratorio o de la palanca de algún tipo para seleccionar uno de las dos o más posiciones. Al igual que el interruptor de palanca, conmutadores selectores pueden o bien descansar en cualquiera de sus posiciones o contener mecanismos de resorte de retorno para la operación momentánea.

Figura 8. Esquema de un interruptor selector.

Un interruptor de *joystick* es accionado por una palanca libre para moverse en más de un eje de movimiento. Uno o más de los diversos mecanismos de contacto del interruptor se accionan dependiendo de qué manera se empuja la palanca, y algunas veces por lo lejos que se empuja.

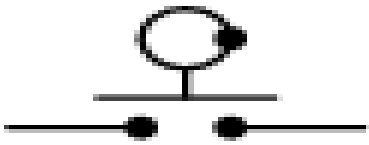


Figura 9. Esquema de interruptor Joystick.

Los procesos de deterioro y envejecimiento de los componentes[12] de un interruptor, al igual que todo tipo de equipo, están determinados por la naturaleza de los materiales con que están fabricados, la forma o tipo de acción que desempeña el componente y el tipo de esfuerzos que soportan.

Adicionalmente anomalías en los procesos de diseño y fabricación del componente o una inadecuada selección del material pueden incidir en la aparición temprana de procesos de deterioro y desgaste.

En la práctica, cualquier interruptor esta siempre sometido a esfuerzos, los cuales causan que el equipo se deteriore, reduciendo la capacidad de soporte de los mismos.

Los interruptores mecánicos pueden presentar problemas de desgaste y oxidación, lo cual afecta directamente los equipos a los cuales están acoplados, debido a la falta de un mantenimiento preventivo.

A menudo la necesidad del mantenimiento de los interruptores no es obvia[13], dado que no se utilizan continuamente, estén abiertos o cerrados, por largos períodos de tiempo. La necesidad de predecir la adecuada función de los interruptores aumenta con los años a medida que los sistemas de transmisión se expanden y transportan mayor energía a mayores distancias.

Con el avance de la tecnología con los años aparecieron los interruptores de bajo mantenimiento pero esto no brindó mayor confianza en la administración del sistema en cuanto a la confiabilidad de la operación.

Además los interruptores mecánicos pueden inducir ruido eléctrico, impulsivo y conducido[14] , cuya intensidad puede aumentar significativamente durante la acción de conmutación de abierto a cerrado y viceversa.

---

[12] Acevedo J, Herreño F; 27 al 30 de noviembre de 2007. Caracterización de fenómenos de desgaste y deterioro en interruptores de potencia y su aplicación en la definición de la estrategia de mantenimiento.

[13] Nasrallah E, Bricki F, Perron S; Enero - Febrero 2007. Contactos eléctricos en Interruptores de Potencia de MT y AT

[14] Ruidos eléctricos y transitorios < http://www.fluke.com/fluke/uses/soluciones/calidad-potencia/ruido-electrico-y-transitorios>

5. ANTECEDENTES.

Las perovskitas magnetorresistivas, basadas en óxidos semi-metálicos ferromagnéticos han recibido una renovada atención en los últimos años[15] debido a sus posibles aplicaciones. Las nuevas técnicas de obtención y medición[16] de magnetorresistencia de este tipo de materiales permiten hoy suministrar materias primas de alta calidad para fabricar componentes magnetorresistivos a gran escala.

5.1 SENSOR MAGNETORRESISTIVO

Un sensor magnético se define como un dispositivo un capaz de traducir cierta propiedad de un campo magnético externo, en una variación de alguna de sus propiedades físicas, como tensión o resistencia eléctrica, etc. Entre la familia de los sensores magnéticos, los sensores magnetorresistivos son aquellos que presentan una variación significativa de su resistencia eléctrica en presencia de un campo magnético externo.

Existen diversos mecanismos que provocan una respuesta magnetorresistiva, que da origen a distintos tipos de sensores magnetorresistivos[17].

5.2 SENSORES AMR.

Esta clase de sensores se fabrica a partir de materiales ferromagnéticos en los que la resistividad eléctrica depende fundamentalmente del ángulo entre la corriente eléctrica y la dirección de magnetización, este fenómeno se denomina magnetorresistencia anisótropa.

---

[15] Fontcuberta J, Balcells Ll. Junio de 2004. Magnetoresistive ceramics. Recent progress: from basic understanding to applications.

[16] Fajardo D, Mera J. 30 de abril de 2011. Medida de Magnetorresistencia en la Manganita $La_{0.65}Sr_{0.35}Mn0_3$

[17] Rubi d. Junio de 2006. Nuevos óxidos metálicos ferromagnéticos.

5.3 SENSORES GMR.

Estos sensores basan su funcionamiento en el fenómeno de magnetorresistencia gigante. Consisten en estructuras multicapas en las que se alternan materiales ferromagnéticos y materiales antiferromagneticas.

5.4 SENSORES CMR.

Estos sensores basan su funcionamiento en la magnetorresistencia colosal, se fabrican a partir del estudio de cierta familia de óxidos ferromagnéticos que presentan una dramática disminución de su resistencia eléctrica en presencia de un campo magnético externo.

5.5 SENSORES TMR.

Estos dispositivos consisten en dos capas de metal ferromagnético separadas por una capa de un material aislante, de algunos nanómetros de espesor. Estos sensores se basan el efecto de magnetorresistencia túnel.

5.6 ALGUNAS APLICACIONES DE MATERIALES MAGNETORRESITIVOS EN SENSORES ELECTRONICOS.

5.6.1 SENSOR DIMOS.

Este sensor se construyó con materiales magnetorresistivos granulares depositados mediante el método de serigrafia[18], para la calibración de este sensor se utilizó una perosvskita LSMO, en el cual se aprovechó la variación de la resistencia eléctrica de la muestra, en presencia de un imán hexapolar, para la construcción de un interruptor ON-OF.

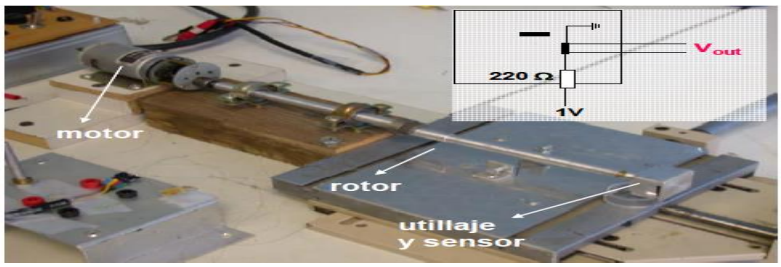


Figura 10. Montaje del laboratorio del sensor DIMOS

[18] Rubi d. Junio de 2006. Nuevos óxidos metálicos ferromagnéticos.

5.6.2 SENSOR DE GAS

El sensor de gas[19] utiliza materiales nanoderivados de perovskita, que permiten la exclusión selectiva por carga, tamaño, reacción y absorción de algunos tipos de gas.

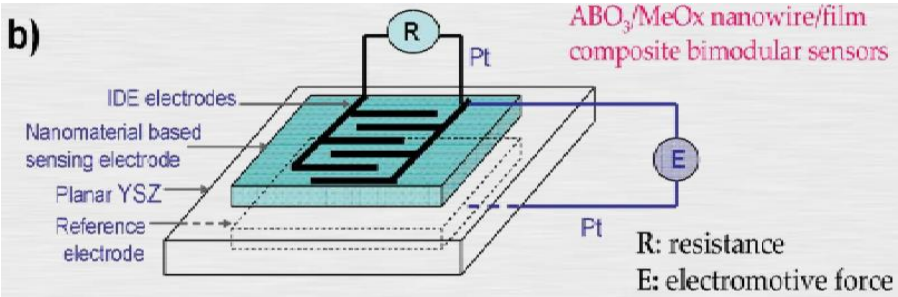


Figura 11. Esquema de sensor de gas.

5.6.3 SENSOR DE POSICIÓN MAGNETICA BASADO EN MAGNETORRESISTENCIA COLOSAL NANOCRISTALINA.

El elemento principal en la construcción de este tipo de sensor[20] fue una muestra LSMO que se insertó en una configuración de puente de Wheatstone, este dispositivo no tiene ninguna fricción, por lo tanto este dispositivo presenta una característica de larga duración y no introduce ruido eléctrico.

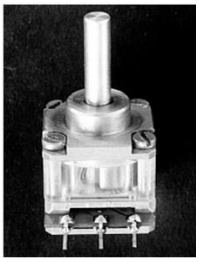


Figura 12. Sensor de posición fabricado basado en la muestra LSMO

---

[19] Sensor Materials for High Temperature Environments. <www.netl.doe.gov/File%20Library/Events/2010/fea/AR_Sensor-Materials-for-High-Temp-Environments_poster.pdf>

[20] Gonzalez O, Castaño E. diciembre 11 de 2000. Magnetic position sensor based on nanocrystalline colossal magnetoresistances

6 METODOLOGIA

Para el desarrollo de la investigación se realizó la síntesis de las perovskitas LCBMO y LSMO, con el propósito de utilizar la muestra que arroje mejores resultados. Se optó por utilizar la muestra LSMO que presentó buena respuesta magnetorresistiva.

Los procedimientos se describen, desde la síntesis de las muestras, la medición de magnetorresistencia, la caracterización de algunas propiedades de la muestra LSMO, y las etapas de diseño y construcción del sensor electrónico.

6.1 SÍNTESIS DE LA PEROVSKITA LSMO

Se obtuvo el volumen necesario, de los precursores Nitrato de Lantano, Nitrato de Estroncio y Nitrato de Manganeso, para cada metal utilizando como concentración 1M.

Para obtener las moles de Ácido Cítrico se totalizó las moles halladas anteriormente.

Se halló un resultado de 0,0436 mol, y adicionando un factor de corrección de **1,1** se determinó que son necesarias 0,04796 mol de Ácido Cítrico.

Se agregó también 20 ml de Etilenglicol, el cual actuó como agente gelificante. Posteriormente se sometió a reflujo a 90°C, durante 12 horas.

La mezcla se evaporó entre 100 y 150ºC para obtener el producto de poliesterificación, y enseguida se llevó a cabo un tratamiento térmico entre 200-300ºC con lo que se eliminó el exceso de etilenglicol. Posteriormente este material precalcinado se sometió a tratamientos térmicos entre 500 °C y 600 °C, para eliminar el material orgánico y obtener los óxidos de interés.

Una vez obtenido el polvo de LSMO se formó una pastilla mediante un pastillero de acero de 1.5 cm de diámetro y 0,01 cm de espesor. El polvo se sometió a una presión de 6000 PSI.

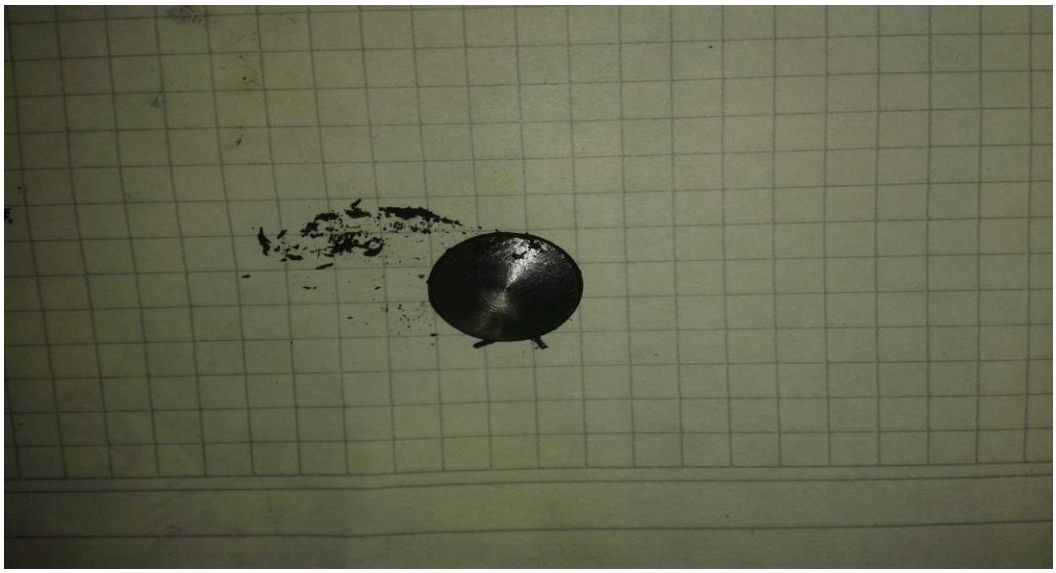


Figura 13. Pastilla de la Perovskita LSMO

Figura 14. Pastillero utilizado para obtener la muestra de la Perovskita LSMO

6.2 MEDICIÓN DE MAGNETORRESISTENCIA.

Para la muestra LSMO se realizó la medición de resistencia por el método de cuatro puntas, con el Multímetro digital NI USB 4065 y se obtuvo un valor de **38,4 Ω**, en ausencia de campo magnético. En presencia de campo magnético se obtuvo una resistencia de **37.449Ω**, medida de manera similar y con el mismo dispositivo.

La muestra de la Perovskita LSMO presento una variación de Magnetorresistencia de **-2,4747%** en presencia de un campo magnético externo de **0,38 T**, (1 Tesla = 10^4 Gauss). Teniendo en cuenta esta variación de magnetorresistencia, se decidió dar continuidad a la investigación con el uso de esta muestra.

6.3 RESPUESTA DEL SENSOR DE CAMPO MAGNÉTICO A1302

Se hizo necesario establecer una medida de campo magnético para determinar la variación de resistencia de la muestra LSMO en presencia de dicho campo.

Se utilizó el sensor de efecto Hall A1302, que presenta una variación lineal radiométrica y continua, el cual está diseñado para entregar una salida de voltaje proporcional a la intensidad de un campo magnético aplicado.

Este sensor tiene una tensión de salida de reposo que es 50% de la tensión de alimentación, el sensor A1302 tiene una sensibilidad de salida de **1.3 mV / G**

El circuito integrado de efecto Hall tiene incluido en cada dispositivo un circuito de efecto Hall, un amplificador lineal, y un amplificador CMOS de Clase A. La integración del circuito de efecto Hall y el amplificador en un solo chip minimiza muchos de los problemas normalmente asociado con las señales analógicas de bajo nivel de voltaje.

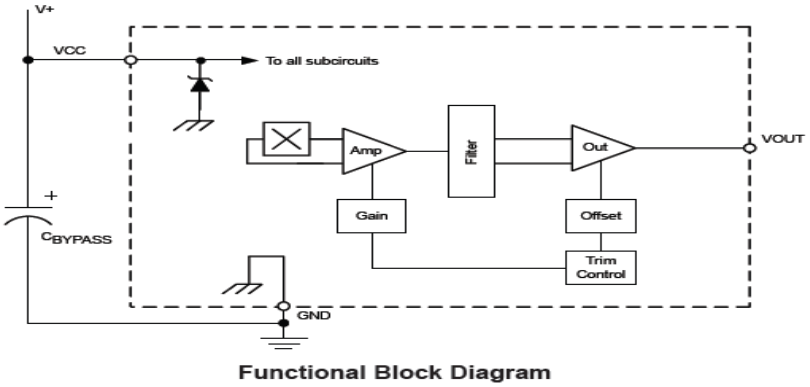


Figura 15. Estructura interna del sensor A1302

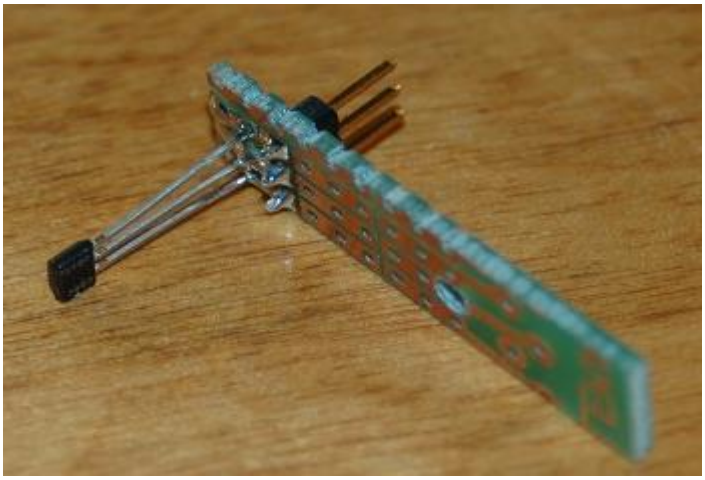


Figura 16. Sensor A1302

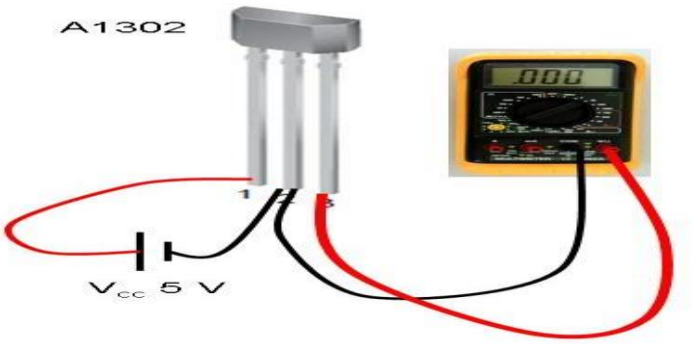


Figura 16. Conexión del Sensor A1302

Para evaluar la respuesta del sensor de Efecto Hall A1302 se utilizo el campo magnético externo proporcionado por dos imanes, cilíndricos de Neodimio, de 1,5 cm de diámetro y 1,5 cm de altura, ubicados inicialmente a una distancia de 10 cm del sensor, esta distancia se modificó hasta llegar a un minino acercamiento al sensor.

Figura 17. Imanes de Neodimio

Teniendo en cuenta la resolución del sensor, que fue alimentado con una fuente de 5 V, se obtuvo una variación que evidencio el comportamiento normal de un sensor de campo magnético, en el cual el la intensidad del campo disminuyo con el cuadrado de la distancia a la cual se aplica.

El resultado que arrojo el sensor fue de **3836,900 Gauss,** con una variación en voltaje se salida del sensor **2,5266 Voltios,** con respecto a un voltaje inicial de **2,7639 Voltios.**

6.4 VARIACION DE MAGNETORRESISTENCIA EN FUNCIÓN DEL CAMPO MAGNETICO EXTERNO.

La variación de Magnetorresistencia se midió mediante el método de cuatro puntas, con el Multímetro digital **NI-USB 4065**, en presencia de un campo Magnético externo de **3836,9 Gauss**, provisto por los imanes de neodimio

Los imanes se acercaron paulatinamente a la muestra, obteniendo una variación de Magnetorresistencia de **-2.4747 %**.

Es necesario hacer claridad en el hecho de que no fue posible acercar los imanes completamente a la muestra, porque esta, al tener un espesor muy pequeño (0,1 cm), era muy probable que se fragmentara, impidiendo realizar la medición. Además fue necesario también evitar el contacto del iman, con los cuatro electrodos de la muestra para evitar un corto circuito, obteniendo de esta manera medidas erróneas de Magnetorresitencia.

6.5 VARIACIÓN DE RESISTIVIDAD EN FUNCIÓN DEL CAMPO MAGNETICO EXTERNO

La variación de resistividad se determinó mediante el cociente entre la corriente aplicada a la muestra, y la caída de tensión eléctrica registrada al acercar el campo magnético externo.

Durante el proceso se observó que la muestra de Perovskita LSMO no soportó corrientes superiores a los **5 mA.** Cuando se trabajó con corrientes superiores a los 5 mA la muestra presento un aumento de temperatura considerable, lo cual se vio reflejado en datos completamente erróneos.

Se presentó también desprendimiento de la soldadura, de tintura de plata, en algunos de los electrodos.

El calentamiento y el desprendimiento de la soldadura se deben a que la muestra tiene un grosor de **0,1 cm**, lo que limitó la corriente máxima de trabajo a **5mA.**

6.6 VARIACION DE MAGNETORRESISTENCIA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA.

La variación de Magnetorresistencia como función de la temperatura fue de **2,47%** a una temperatura cercanas a los **291,15 K**, para temperaturas menores, hasta los **260 K**, se evidenció una disminución que se puede asociar al efecto Hall clásico[21].

Para temperaturas mayores a los **292 K** se pudo apreciar que la variación de Magnetorresistencia disminuyó drásticamente hasta que se obtuvo variaciones pequeñas, las cuales carecen de importancia para la investigación.

[21] Medidas de resistividad y efecto Hall. <http://www.uv.es/martined/tecweb/efecto_hall.pdf>

6.7 ETAPA DE AMPLIFICACION.

Para alimentar la muestra LSMO fue necesario la implementación de una fuente de corriente constante que proporcione una corriente límite de **5 mA** a **12 mA**, este valor depende de la fuente de voltaje con que se alimente el circuito. Se estableció estos valores de corriente como límite para evitar el calentamiento de la muestra y posibles daños estructurales de la misma.

Teniendo en cuenta que se manejó una tensión eléctrica y una corriente baja, se decidió utilizar el amplificador operacional **LM 741**, dispuesto como fuente de corriente constante.

La muestra LSMO fue ubicada en el circuito como carga aterrizada, y se midió la caída de tensión en la muestra, la cual fue de **0,635 V**, en ausencia de campo magnético.

Cuando se aplicó el campo magnético externo se obtuvo una lectura de **0,650 V**, el cual correspondió a una disminución de resistencia de **2,5%,** aproximadamente.

La diferencia de caída de tensión en ausencia y presencia de campo magnético fue de **15 mV**, suficiente para excitar el funcionamiento de un amplificador de instrumentación.

Teniendo en cuenta que la diferencia de caída de tensión fue del orden de mili Voltios, se decidió utilizar el amplificador de instrumentación **INA 122P**.

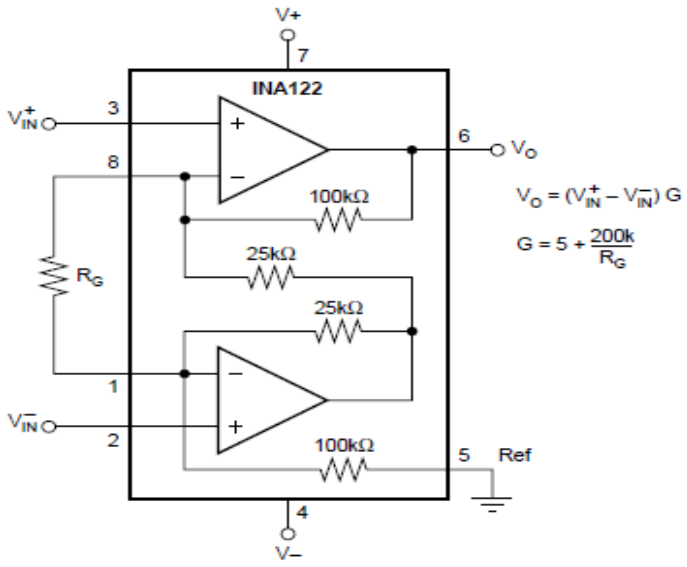


Figura 20. Estructura interna del amplificador de instrumentación INA122

Para Rg se utilizó una resistencia de **20 MΩ** y se obtuvo una ganancia de **5,01**.

Esta ganancia evita la saturación del amplificador de instrumentación, que se conectó en modo diferencial, con **Vin$^+$** conectado a un terminal de la muestra LSMO, y con **Vin$^-$** referenciado a tierra.

El INA122 fue alimentado por una fuente simple de entre **5V** y **9V DC**, para realizar las pruebas pertinentes, con el pin 5 (Ref) conectado a tierra.

La respuesta del amplificador fue de **3,18135 V** con la muestra LSMO en ausencia de campo Magnético y de **3,2565 V**, con la muestra LSMO en presencia de campo Magnético.

Con la salida del amplificador de instrumentación se obtuvo una variación de voltaje de **75,15 mV.**

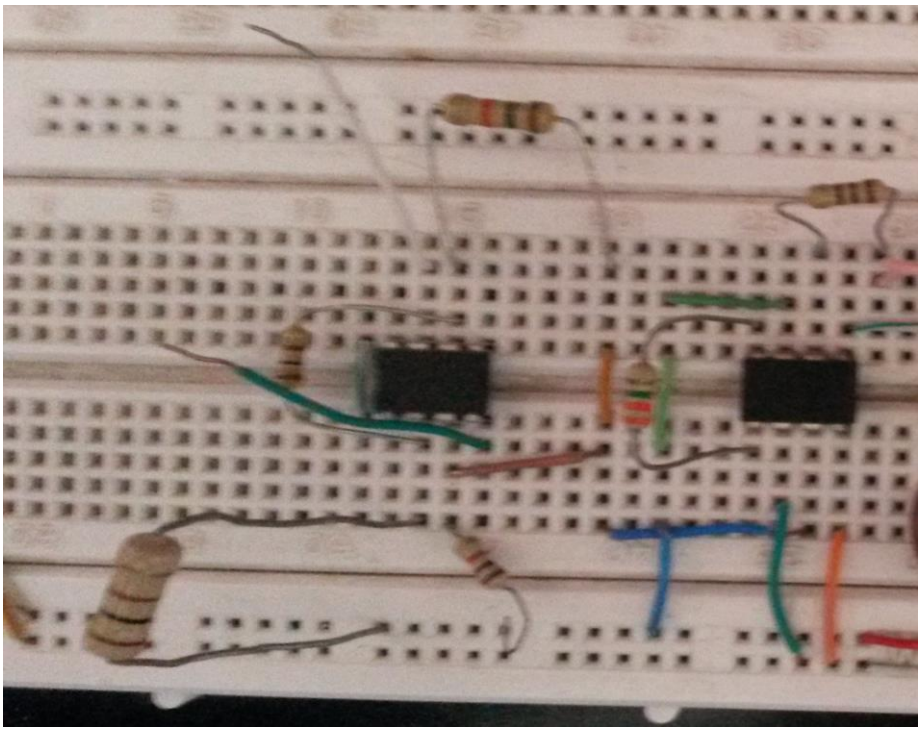


Figura 20. Prueba de fuente de corriente y etapa de amplificación.

6.8 DISEÑO DE INTERRUPTOR LIBRE DE CONTACTO MECÁNICO.

El interruptor libre de contacto mecánico se diseñó teniendo en cuenta tres etapas electrónicas funcionales.

La primera etapa consistente en una fuente de corriente constante la cual se realizó con el amplificador operacional **LM 741.**

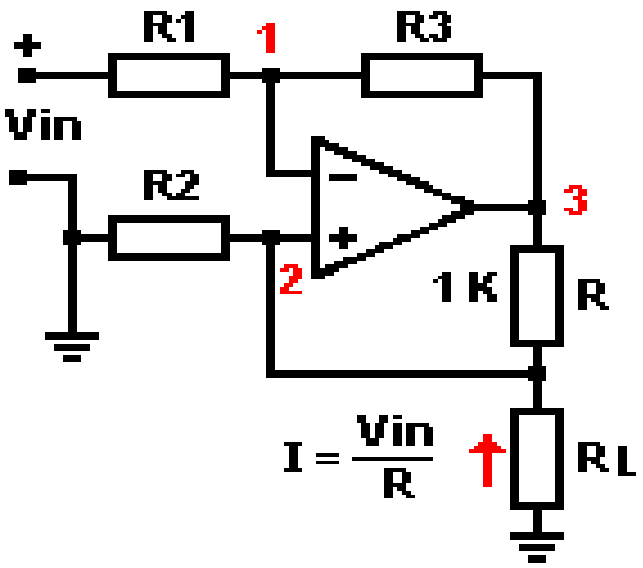


Figura 21. Fuente de corriente constante con amplificador operacional ***LM741***

Los valores de R_1, R_2, R_3, fueron iguales a 100Ω con el propósito de evitar saturación del **LM741,** y por la alimentación de baja tensión.

Para las pruebas se utilizó una fuente de **9V DC** y se colocó la resistencia R de 1K Ω obteniendo una corriente de salida de 9 mA.

Para la segunda etapa, de amplificación, se tomó como referencia la caída de tensión en la muestra LSMO, que fue la carga R_L en la primera etapa.

Esta caída de tensión se conectó al amplificador de instrumentación **INA 122,** al pin 3. El amplificador se alimentó con una fuente simple de **9 V DC**. La salida del amplificador se conectó a un comparador de voltaje.

La tercera etapa se desarrolló mediante el amplificador operacional **LM358.** Cuya función principal fue comparar la señal proveniente del amplificador de instrumentación, con un voltaje de referencia que se ajustó mediante un potenciómetro.

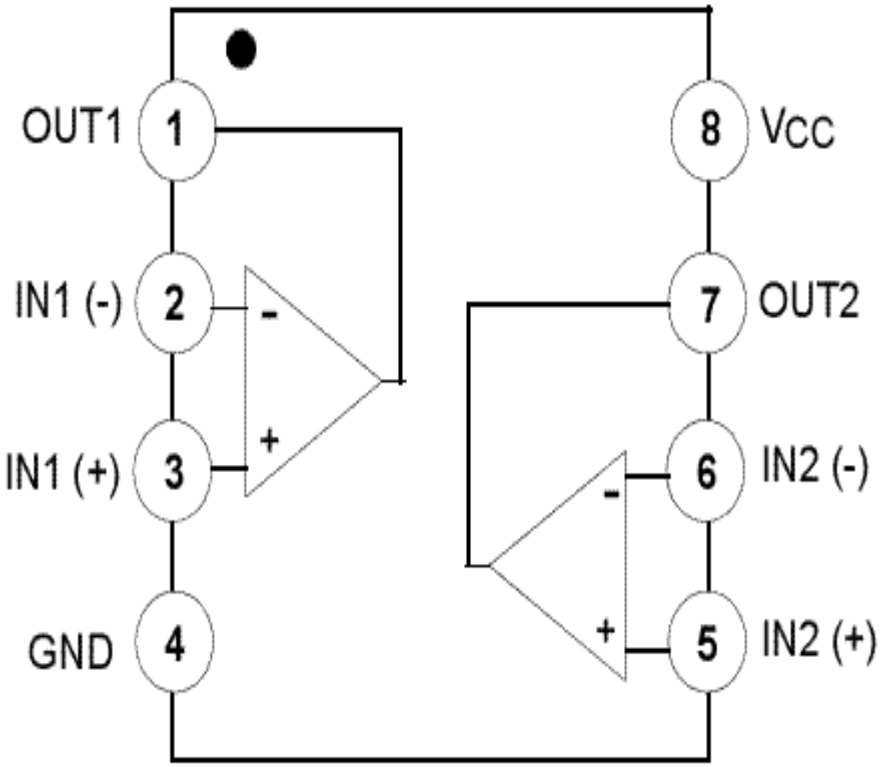


Figura 22. Estructura interna del amplificador operacional ***LM 358***

Para las pruebas preliminares se utilizó un Relé mecánico, el cual fue activado exitosamente con el circuito en sus tres etapas iniciales.

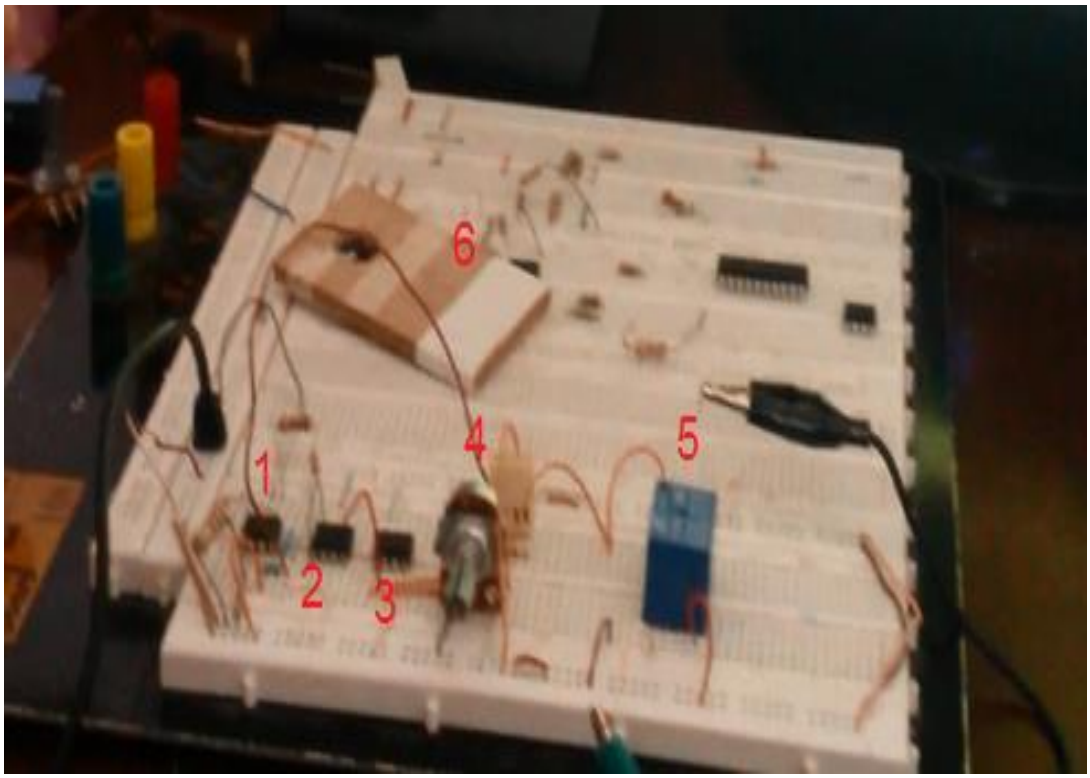


Figura 23. Prueba de circuito con Relé mecánico.

En la gráfica se puede apreciar la acción del Relé mecánico y las partes del circuito implementado:

1. Fuente de corriente con el amplificador **LM 741.**
2. Amplificación con el amplificador de instrumentación **INA 122.**
3. Comparador con el amplificador **LM 358.**
4. Potenciómetro para ajuste mecánico del comparador.
5. Relé mecánico.
6. Muestra magnetorresistiva **LSMO.**

Para la etapa final del circuito del interruptor libre de contacto mecánico, se implementó un Relé de estado sólido **SSR 25DA**, el cual puede ser activado con un voltaje de **3** a **32 V DC.**

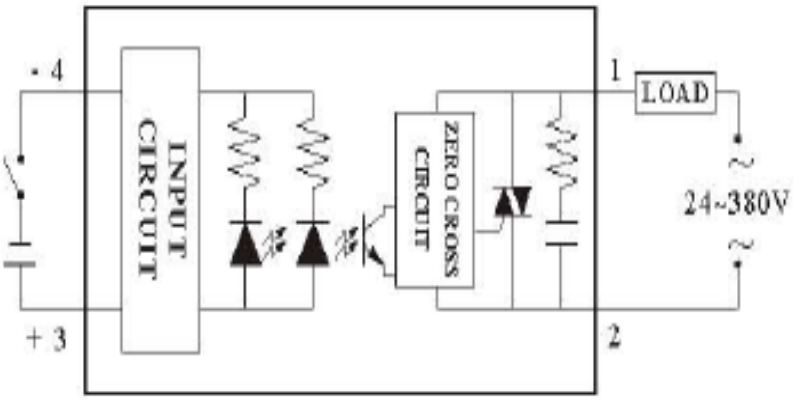


*Figura 24. Estructura interna del Relé de estado sólido **SSR 25 DA.***

Una vez realizadas las pruebas se procedió a realizar la placa del circuito impreso mediante software PCBwiz.

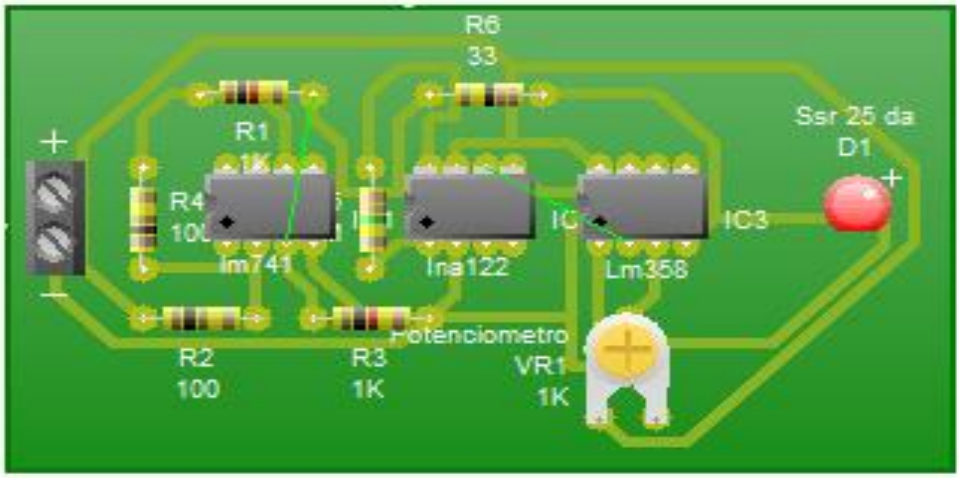


*Figura 25. Diseño del circuito en **PCBwiz***

En el software se colocó la muestra **LSMO** como la resistencia $\mathbf{R_6}$ y el relé de estado sólido **SSR 25DA** como el **Diodo 1.**

El resultado final del circuito para el interruptor libre de contacto fue el siguiente:

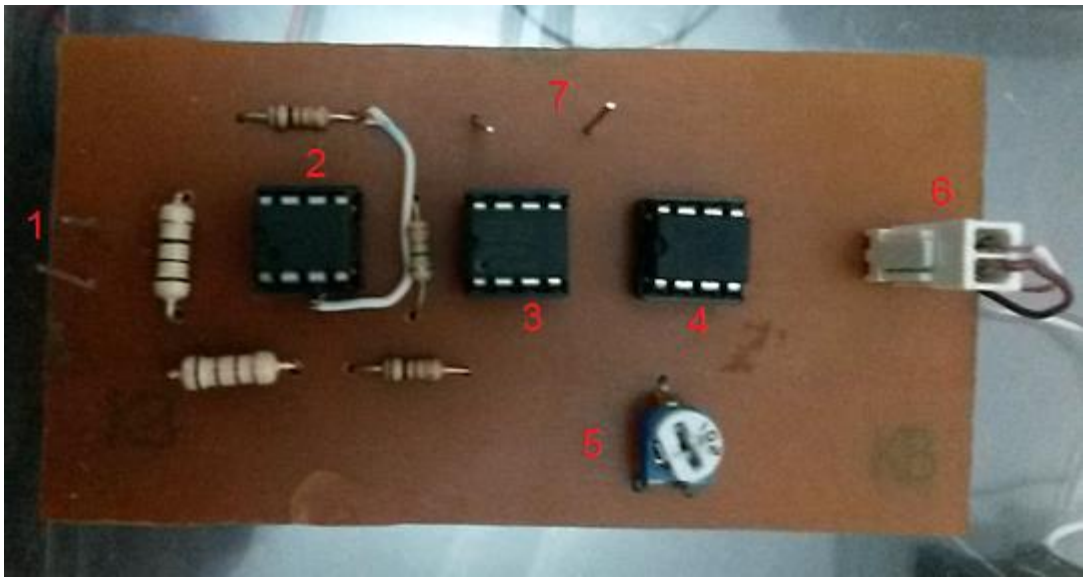


Figura 26. Placa final para el circuito libre de contacto mecánico.

En la placa los elementos se organizaron de la siguiente manera:

1. Pines para alimentación del circuito.
2. Amplificador **LM 741.**
3. Amplificador de instrumentación **INA 22.**
4. Amplificador **LM 358.**
5. Potenciómetro para ajuste mecánico del comparador.
6. Pines para control del relé de estado sólido **SSR 25DA.**
7. Pines para conexión de la muestra **LSMO.**

Finalmente los elementos se ubicaron en una lámina acrílica y se utilizó un bombillo de 110 V para efectos de demostración.

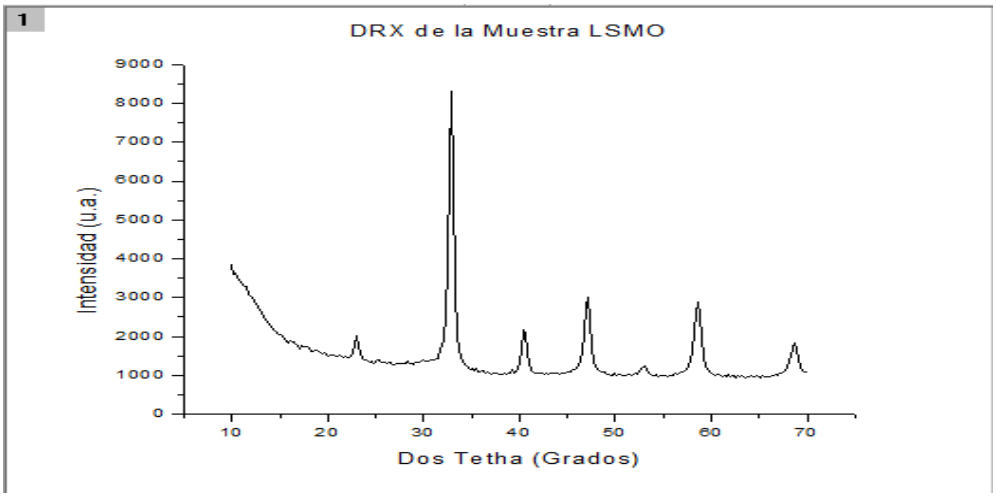
Figura 36. Disposición final de los elementos del circuito para un interruptor libre de contacto mecánico.

7. ANALISIS DE RESULTADOS.

Después de realizar la sintetización de las muestras **LCBMO**[22], no fue posible continuar con su implementación, porque las muestras presentaron una baja respuesta magnetorresistiva.

La síntesis de la muestra **LSMO**, arrojo resultados satisfactorios, teniendo en cuenta que su variación de resistencia fue de **-2,4747%** en presencia de un campo magnético externo. El campo magnético aplicado se seleccionó con un valor manejable y por debajo de **1 T.**

La difracción de rayos X de la muestra LSMO, mostró un grafico propio de la perovskita analizada, lo cual refleja su estructura cubica. Como se puede apreciar al realizar una comparación directa con investigaciones anteriores.



Grafica 1. Difracción de rayos X de la Perovskita LSMO

En la difraccion de rayos X realizada por Salazar y Arias[23], a una muestra de perovskita $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_3$, se puede apreciar una correspondencia adecuada con la gráfica obtenida para la muestra LSMO en esta investigación.

---

[22] Xiao-Bo Y, Yi-Hua L. 4 de mayo de 2005. Large enhacement of room temperatura magnetorresistance in Ag added $La_{0,67}(Ca_{0,65}Ba_{0,35})_{0,33}MnO_3$

[23] Salazar D, Arias D. Agosto 27 de2013 Thermopower and electrical resistivity of La1_xSrxMnO3 (x = 0.2, 0.3): Effect of nanostructure on small polaron transport

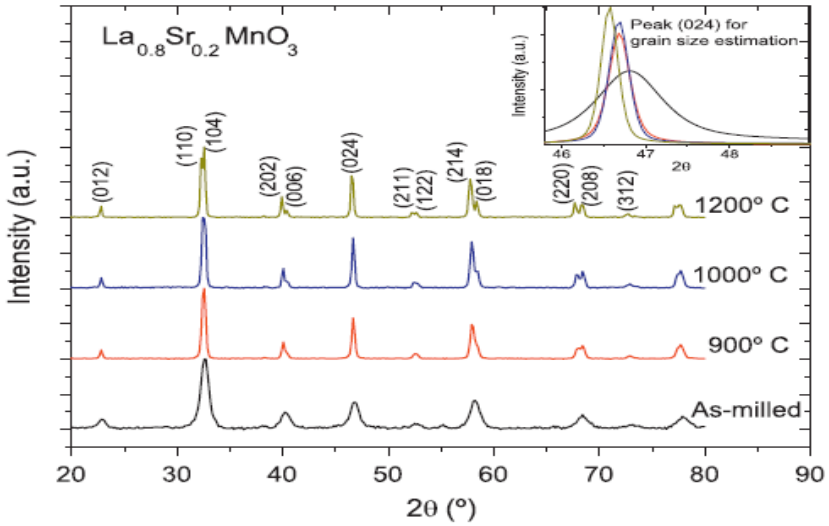
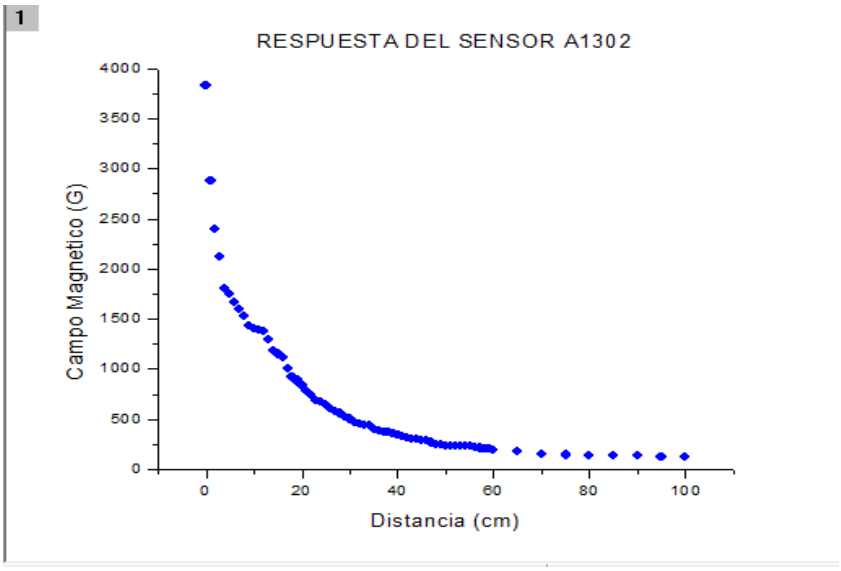


Figura 28. DRX de la muestra $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_3$, analizada por Salazar y Arias.

La curva de respuesta del sensor de efecto Hall A1302 estuvo acorde con una variación lineal de su salida de voltaje con respecto a la proximidad del campo magnético. La grafica presento un comportamiento curvilíneo que esta asocia a la disminución de la intensidad de campo magnético con el cuadrado de la distancia de ubicación. La curva de respuesta del sensor A1302, obtenida en el desarrollo de este trabajo de investigación, es similar a la respuesta de otros sensores de clase[24].

[24] Fajardo D, Mera J. 30 de abril de 2011. Medida de Magnetorresistencia en la Manganita $La_{0.65}Sr_{0.35}MnO_3$



Gráfica 2. Respuesta del sensor A1302

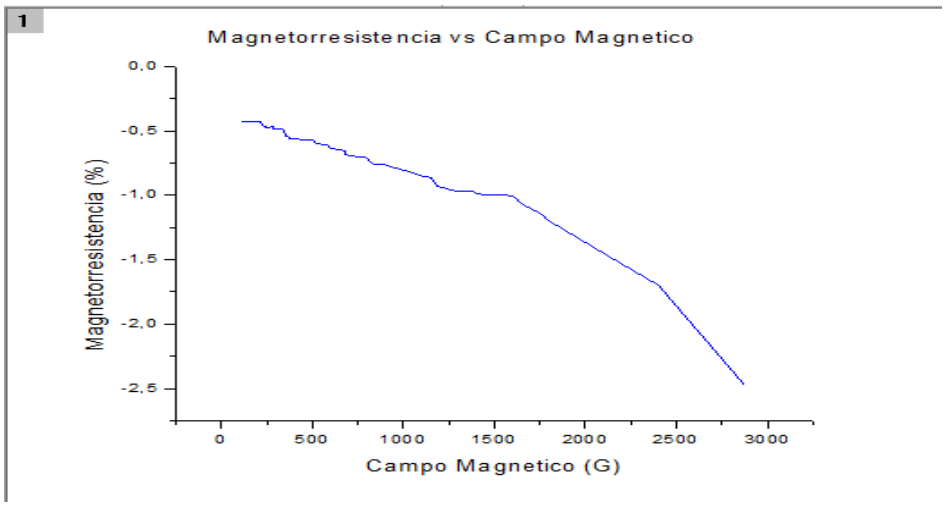
Distancia (mm)	Variación de voltaje (v)	Intensidad de campo Magnético (G)
100	2,7639	119,070805
95	2,7637	122,204247
90	2,7626	139,438179
85	2,7626	139,438179
80	2,7629	134,738016
75	2,7623	144,138342
70	2,7617	153,538669
65	2,7604	173,906044
60	2,7591	194,273418
59	2,7583	206,807187
58	2,7583	206,807187
57	2,7578	214,640793
56	2,7574	220,907677
55	2,7569	228,741283
54	2,7567	231,874725
53	2,7562	239,70833
52	2,7562	239,70833
51	2,7562	239,70833
50	2,7562	239,70833

49	2,7558	245,975215
48	2,7554	252,242099
47	2,7544	267,90931
46	2,7534	283,576522
45	2,7531	288,276685
44	2,7524	299,243733
43	2,752	305,510617
42	2,7509	322,744549
41	2,7504	330,578155
40	2,7498	339,978482
39	2,7487	357,212414
38	2,7475	376,013067
37	2,7475	376,013067
36	2,7467	388,546836
35	2,7459	401,080605
34	2,7435	438,681912
33	2,7435	438,681912
32	2,7425	454,349123
31	2,7414	471,583055
30	2,7394	502,917478
29	2,738	524,851573
28	2,7358	559,319438
27	2,7342	584,386975
26	2,7329	604,75435
25	2,7302	647,05582
24	2,728	681,523685
23	2,7279	683,090406
22	2,7236	750,459414
21	2,721	791,194162
20	2,718	838,195796
19	2,7148	888,330872
18	2,7122	929,065621
17	2,707	1010,53512
16	2,7006	1110,80527
15	2,698	1151,54002
14	2,6958	1186,00788
13	2,6891	1290,9782
12	2,6834	1380,2813
11	2,68241	1395,79184

10	2,68196	1402,84209
9	2,67979	1436,83993
8	2,67345	1536,17005
7	2,6691	1604,32242
6	2,66499	1668,71466
5	2,6599	1748,46076
4	2,656	1809,56289
3	2,6362	2119,77367
2	2,6185	2397,0833
1	2,5877	2879,63341
0	2,5266	3836,90001

Tabla 1. Respuesta del sensor A1302 con respecto al campo Magnético aplicado

La variación de resistencia y resistividad presentaron una disminución propia de la muestra LSMO, al ser aplicado un campo magnético externo[25]. La disminución presento fluctuaciones que se atribuyen principalmente a variación de temperatura que afectan directamente la medición de resistencia y resistividad de la muestra.



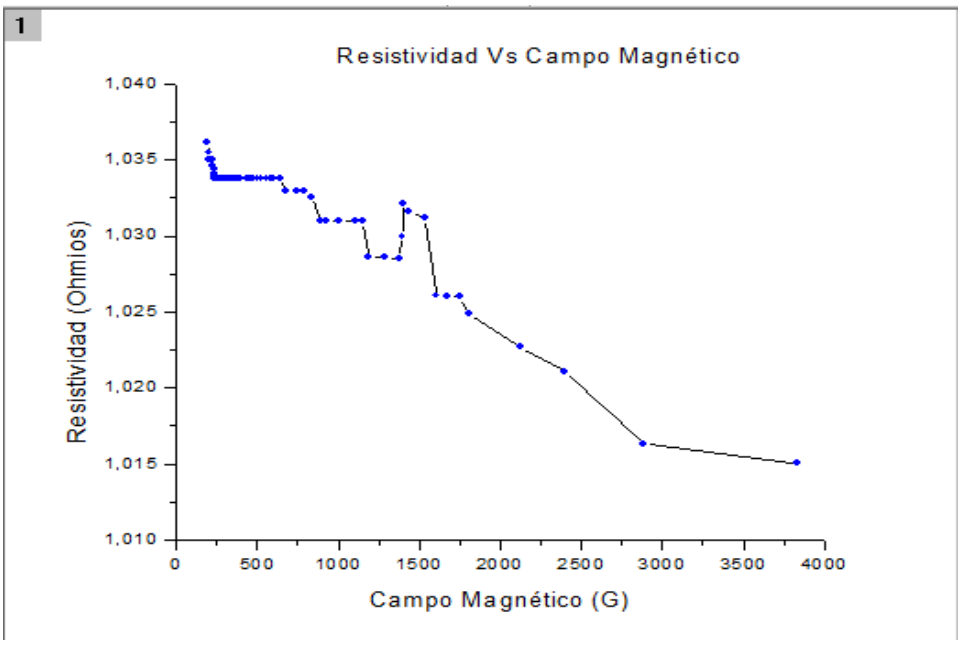
Gráfica 3. Variación Magnetorresistencia en función del campo magnético externo

[25] Fajardo D, Mera J. 30 de abril de 2011. Medida de Magnetorresistencia en la Manganita $La_{0.65}Sr_{0.35}MnO_3$

Intensidad de campo Magnético (G)	Variación de Magnetorresistencia (%)
194,273418	-0,0290037
206,807187	-0,0290532
206,807187	-0,0181303
214,640793	-0,0145064
220,907677	-0,0181363
228,741283	-0,0072550
231,874725	-0,0181409
239,70833	-0,0173202
239,70833	-0,194732
239,70833	-0,1739223
239,70833	-0,0145148
245,975215	-0,0145169
252,242099	-0,0363055
267,90931	-0,0363187
283,576522	-0,0108968
288,276685	-0,0254323
299,243733	-0,0145348
305,510617	-0,0399869
322,744549	-0,0181791
330,578155	-0,0218197
339,978482	-0,0400189
357,212414	-0,0436760
376,013067	-0,028789
376,013067	-0,0291258
388,546836	-0,0291343
401,080605	-0,0874795
438,681912	-0,087639
438,681912	-0,0364630
454,349123	-0,0401254
471,583055	-0,0730086
502,917478	-0,0511322
524,851573	-0,0804152
559,319438	-0,0585180
584,386975	-0,0475685
604,75435	-0,0988938
647,05582	-0,0806451
681,523685	-0,0036658

683,090406	-0,1578792
750,459414	-0,0955531
791,194162	-0,1103752
838,195796	-0,1178724
888,330872	-0,0958631
929,065621	-0,1920945
1010,53512	-0,2369843
1110,80527	-0,0963676
1151,54002	-0,0816084
1186,00788	-0,2491539
1290,9782	-0,2124170
1380,2813	-0,0369071
1395,79184	-0,0167787
1402,84209	-0,0809764
1436,83993	-0,2371467
1536,17005	-0,1629762
1604,32242	-0,1542219
1668,71466	-0,1913605
1748,46076	-0,1468373
1809,56289	-0,7510811
2119,77367	-0,6759595
2397,0833	-1,1902461
2879,63341	-2,4182696
3836,90001	-2,4747134

Tabla 2. Variación de Magnetorresistencia en función del campo Magnético



Gráfica 4. Variación de Resistividad en función del Campo Magnético Aplicado

En la gráfica se apreció una fluctuación considerable del comportamiento de la variación de la resistividad, lo cual se atribuyó a la sensibilidad de la muestra con respecto a la temperatura.

Variación de paso (mm)	**Variación de resistividad (Ω)**
60	1,03614458
59	1,03547921
58	1,03498074
57	1,03498074
56	1,03498074
55	1,0346487
54	1,03448276
53	1,03439981
52	1,03406814
51	1,03398525
50	1,03381952
49	1,03381952
48	1,03381952
47	1,03381952

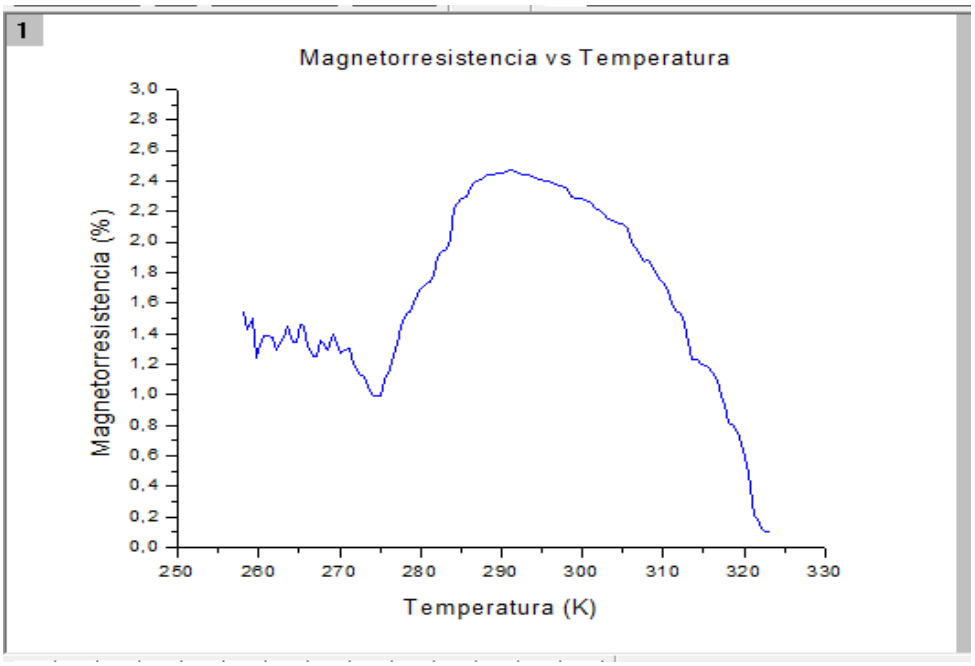
46	1,03381952
45	1,03381952
44	1,03381952
43	1,03381952
42	1,03381952
41	1,03381952
40	1,03381952
39	1,03381952
38	1,03381952
37	1,03381952
36	1,03381952
35	1,03381952
34	1,03381952
33	1,03381952
32	1,03381952
31	1,03381952
30	1,03381952
29	1,03381952
28	1,03381952
27	1,03381952
26	1,03381952
25	1,03381952
24	1,03290896
23	1,03290896
22	1,03290896
21	1,03290896
20	1,03257824
19	1,03097735
18	1,03097735
17	1,03097735
16	1,03097735
15	1,03097735
14	1,028576
13	1,028576
12	1,02849368
11	1,02997756
10	1,03212851
9	1,0316383
8	1,03122841

7	1,02607166
6	1,0259896
5	1,0259896
4	1,02485812
3	1,02269096
2	1,02108626
1	1,0163516
0	1,0130719

Tabla 3. Variación de resistividad con respecto a la distancia de aplicación del campo Magnético

El comportamiento de la muestra **LSMO** con respecto a la temperatura reveló que a **291,15 K** se presentó una máxima variación de magnetorresistencia del **2,4747%.**

A bajas temperaturas la variación es considerable pero presento un comportamiento poco predecible, debido a que se buscó la aplicación a temperatura ambiente, esta variación no fue de interés. A temperaturas altas la variación de magnetorresistencia decayó considerablemente, 0,988% a 317,15 K perdiéndose casi por completo el efecto a temperaturas aún mayores.



Gráfica 5. Variación de Magnetorresistencia en función de la temperatura.

Temperatura (K)	Variación de Magnetorresistencia (%)
258,15	1,54
258,65	1,43
259,15	1,5
259,65	1,24
260,15	1,32
260,65	1,38
261,15	1,38
261,65	1,37
262,15	1,29
262,65	1,34
263,15	1,37
263,65	1,45
264,15	1,34
264,65	1,34
265,15	1,46
265,65	1,45
266,15	1,32

266,65	1,25
267,15	1,25
267,65	1,35
268,15	1,33
268,65	1,29
269,15	1,4
269,65	1,33
270,15	1,27
270,65	1,29
271,15	1,3
271,65	1,2
272,15	1,17
272,65	1,13
273,15	1,12
273,65	1,02
274,15	0,99
274,65	0,992
275,15	0,988
275,65	1,1
276,15	1,17
276,65	1,25
277,15	1,33
277,65	1,45
278,15	1,53
278,65	1,54
279,15	1,6
279,65	1,65
280,15	1,7
280,65	1,73
281,15	1,74
281,65	1,78
282,15	1,9
282,65	1,93
283,15	1,95
283,65	2,02
284,15	2,22
284,65	2,25
285,15	2,28
285,65	2,3

286,15	2,36
286,65	2,39
287,15	2,4
287,65	2,42
288,15	2,44
288,65	2,44
289,15	2,44
289,65	2,45
290,15	2,45
290,65	2,46
291,15	2,47
291,65	2,46
292,15	2,45
292,65	2,44
293,15	2,44
293,65	2,43
294,15	2,42
294,65	2,41
295,15	2,4
295,65	2,4
296,15	2,39
296,65	2,38
297,15	2,37
297,65	2,36
298,15	2,35
298,65	2,3
299,15	2,29
299,65	2,28
300,15	2,27
300,65	2,26
301,15	2,25
301,65	2,22
302,15	2,2
302,65	2,18
303,15	2,15
303,65	2,14
304,15	2,13
304,65	2,12
305,15	2,11

305,65	2,09
306,15	2
306,65	1,95
307,15	1,9
307,65	1,87
308,15	1,88
308,65	1,85
309,15	179
309,65	1,75
310,15	1,73
310,65	1,68
311,15	1,6
311,65	1,54
312,15	1,53
312,65	1,47
313,15	1,34
313,65	1,23
314,15	1,23
314,65	1,2
315,15	1,76
315,65	1,32
316,15	1,2
316,65	1,1
317,15	0,988
317,65	0,932
318,15	0,82
318,65	0,798
319,15	0,75
319,65	0,68
320,15	0,59
320,65	0,49
321,15	0,21
321,65	0,19
322,15	0,12
322,65	0,099
323,15	0,099

Tabla 4. Variación de Magnetorresitencia en función de la temperatura

La curva de temperatura es comparable con investigaciones anteriores, teniendo en cuenta que se manejaron temperaturas entre los **255 K y 320 K.**

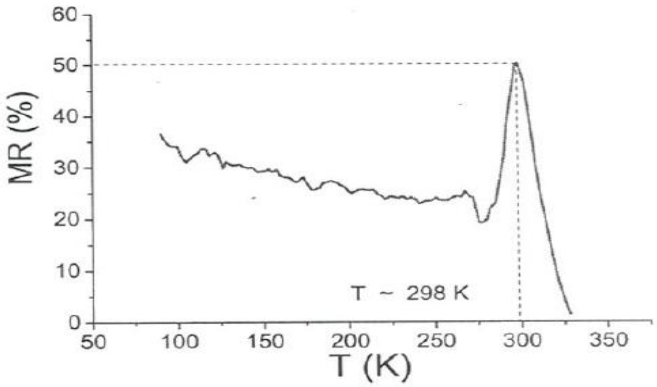


Figura 34. Magnetorresitencia en función de la temperatura para la muestra $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_3$ [26].

El diseño del circuito fue realizado con instrumentos de fácil manejo y adquisición, pero que mostraron una excelente respuesta para logrando un circuito funcional y de muy bajo costo.

La implementación y control del relé de estado sólido **SSR 25DA**, garantizo, que el circuito se accionara sin necesidad de un contacto mecánico.

[26] Fernadez R, Monteblanco E. Julio 24 de 2006. Estudio de la magnetorresitencia colosal y el efecto Hall en la manganita $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_3$.

8. CONCLUSIONES.

- Se sintetizó, por el método de Pechini, una muestra de la perovskita **LSMO**, en la cual se evidenció le fenómeno de magnetorresistencia colosal, con una variación de **-2,4747%** en su resistencia eléctrica, en presencia de un campo magnético externo.

- Se identificaron algunas propiedades eléctricas y físicas de la muestra, tales como resistencia y resistividad de la perovskita **LSMO** en presencia del campo magnético, así como también se obtuvo una curva apropiada de variación magnetorresistencia en función de la temperatura. Además con base en la difracción de rayos x de la muestra se puede determinar la estructura cristalina de este tipo de perovskita.

- Se diseñó y construyó un circuito electrónico, utilizando la variación de resistencia que presentó la muestra **LSMO**, en presencia de un campo magnético externo.

- El circuito implementado, permitió el control de un relé de estado sólido **SSR 25 DA,** el cual presenta una rápida conmutación, y no presentó problemas de ruido o desgaste por la ausencia de componentes electromecánicos.

9. RECOMENDACIONES.

El trabajo de investigación desarrollado sirve como base para posteriores trabajos en el campo de la ingeniería y aplicación de materiales. En él se presenta el proceso realizado desde la selección y sintetización del material magnetorresistivo hasta su aplicación en un dispositivo electrónico. A continuación se presentan algunas recomendaciones que pueden ser de gran utilizad en futuros trabajos:

La selección de un material magnetorresistivo apropiado es de vital importancia para el desarrollo de un proyecto encaminado a la obtención, caracterización de algunas propiedades de dicho material, teniendo en cuenta investigaciones anteriores para aprovechar de la mejor manera dichas características y desarrollar métodos y procedimientos que permitan la mejor aplicación de dicho material.

Se recomienda que la selección del material cumpla con criterios de disponibilidad de los reactivos, métodos de adecuados de sintetización, teniendo en cuenta los recursos disponibles en los laboratorios de la Universidad de Nariño. De esta manera se podría garantizar óptimos resultados en posteriores proyectos de investigación relacionados con la implementación de materiales Magnetorresistivos.

El diseño y construcción del sensor electrónico se debe realizar de manera eficiente de manera que permita su funcionamiento, no solo con materiales magnetorresistivos, sino también para otros materiales o dispositivos que presenten una variación de resistencia dentro del rango establecido.

10. BIBLIOGRAFÍA.

Acevedo J, Herreño F; 27 al 30 de noviembre de 2007. Caracterización de fenómenos de desgaste y deterioro en interruptores de potencia y su aplicación en la definición de la estrategia de mantenimiento.

Nasrallah E, Bricki F, Perron S; Enero - Febrero 2007. Contactos eléctricos en Interruptores de Potencia de MT y AT

Definición de Perovskita <http://www.bdigital.unal.edu.co/4261/2/2299928.20112.pdf>

Peña L; 2013. Sistemas nanoestructurados y propiedades de transporte en capas delgadas de manganita. <www.tdx.cat/bitstream/10803/144552/1/LAPG_TESIS.pdf>

Perovskitas, generalidades y propiedades cristalinas. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Tecnologo/6157459.html>

Granda M. Marzo 2007. Transporte polarizado en spin en nanoestructuras magnéticas a base de manganitas.

Ferromagnetismo: fundamentos físicos. http://www4.tecnun.es/asignaturas/PFM_Mat/Prog/Ferrom.pdf

Metodo de Pechini. < http://eng.thesaurus.rusnano.com/wiki/article2075>

Fajardo D, Mera J. 30 de abril de 2011. Medida de Magnetorresistencia en la Manganita $La_{0.65}Sr_{0.35}Mn0_3$

Fontcuberta J, Balcells Ll. Junio de 2004. Magnetoresistive ceramics. Recent progress: from basic understanding to applications

Rubi D. junio de 2006. Nuevos oxidos metálicos ferromagnéticos.

Sensor Materials for High Temperature Environments. < www.netl.doe.gov/File%20Library/Events/2010/fea/AR_Sensor-Materials-for-High-Temp-Environments_poster.pdf>

Gonzalez O, Castaño E. Diciembre 11 de 2000. Magnetic position sensor based on nanocrystalline colossal magnetoresistances

Xiao-Bo Y, Yi-Hua L. 4 de mayo de 2005. Large enhacement of room temperatura magnetorresistance in Ag added $La_{0,67}(Ca_{0,65}Ba_{0,35})_{0,33}MnO_3$

Medidas de resistividad y efecto Hall. <http://www.uv.es/martined/tecweb/efecto_hall.pdf>

Salazar D, Arias D. Agosto 27 de 2013 Thermopower and electrical resistivity of La1_xSrxMnO3 (x = 0.2, 0.3): Effect of nanostructure on small polaron transport

Fernadez R, Monteblanco E. Julio 24 de 2006. Estudio de la magnetorresitencia colosal y el efecto Hall en la manganita $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_{3.}$

López, K, Mariño A. Síntesis y caracterización de perovskitas dobles tipo Sr_2FeMoO_6

Alarcon C, Síntesis y caracterización estructural, eléctrica y magnética de la perovskita compleja Sr_2TiMoO_6 utilizando el método de reacción de estado sólido

Kautz J, The structural, magnetic and electrical behavior of (110) oriented LSMO.
.
Ortiz C, Miniaturizacion de la informacion: Magnetorresistencia gigante.

Cabrea El, Montes Estefania. Obtención y análisis de señales electromiograficas delas articulaciones tibiofemoral y ferorotuliana aplicada en la detección y rehabilitación de problemas musculares en el movimiento de rodilla.

Ruidos eléctricos y transitorios <http://www.fluke.com/fluke/uses/soluciones/calidad-potencia/ruido-electrico-y-transitorios>

11. ANEXOS

11.1 CALCULOS PARA LA SÍNTESIS DE LA MUESTRA LCBMO

El procedimiento de la síntesis se describe a continuación:

Peso molecular de la Perovskita $La_{0,67}(Ca_{0,65}Ba_{0,35})_{0,33}MnO_3$:

$$La = 138.9055\ gr\ x\ 0{,}67 = 93{,}06668\ gr\ La$$
$$Ca = 40{,}078\ gr\ x\ 0{,}2145 = 8{,}5967\ gr\ Ca$$
$$Ba\ 0\ 137{,}237\ gr\ x\ 01155 = 15{,}8612\ gr\ Ba$$
$$Mn\ 0\ 54{,}9380\ gr\ x\ 1 = 54{,}9380\ gr\ Mn$$
$$O = 15{,}99\ gr\ x\ 3 = 47{,}97\ gr\ O$$

Para $LaNO_3$:

$$2\ gr\ LCBMO = \frac{1\ mol\ LCBMO}{220{,}4325\ gr\ LCBMO}\ x\ \frac{0{,}67\ mol\ La}{1\ mol\ LCBMO}\ x\ \frac{1\ mol\ (LaNO_3)}{1\ mol\ La}\ x$$

$$\frac{433{,}2\ gr}{1\ mol\ La(NO_3)_2 6H_2O}\ x\ \frac{99}{100} = 2{,}6336\ gr\ La(NO_3)_2 6H_2O$$

Para $Ca(NO_3)_2$:

$$2\ gr\ de\ LCBMO = \frac{1\ mol\ LCBMO}{220{,}4325\ gr\ LCBMO}\ x\ \frac{0{,}2145\ mol\ Ca}{1\ mol\ LCBMO}\ x\ \frac{1\ mol\ Ca(NO_3)_2\ 4H_2O}{1\ mol\ Ca}\ x$$

$$\frac{236{,}16\ gr\ Ca(NO_3)_2}{1\ mol\ Ca(NO_3)_2\ 4H_2O}\ x\ \frac{100}{99{,}51} = 0{,}46\ gr\ Ca(NO_3)_2\ 4H_2O$$

Para $Ba(NO_3)_2$:

$$2\ gr\ de\ LCBMO = \frac{1\ mol\ LCBMO}{220{,}4325\ gr\ LCBMO}\ x\ \frac{0{,}1155\ mol\ Ba}{1\ mol\ LCBMO}\ x\ \frac{1\ mol\ Ba(NO_3)_2}{1\ mol\ Ba}\ x$$

$$\frac{216{,}34\ gr\ Ba(NO_3)_2}{1\ mol\ Ba(NO_3)_2}\ x\ \frac{100}{99} = 0{,}23\ gr\ Ba(NO_3)_2$$

Para ($MnNO_3$):

$$2\ gr\ de\ LCBMO = \frac{1\ mol\ LCBMO}{220{,}4325\ gr\ LCBMO}\ x\ \frac{0{,}2145\ mol\ Mn}{1\ mol\ LCBMO}\ x\ \frac{1\ mol\ Mn(NO_3)_2\ 4H_2O}{1\ mol\ Mn}\ x$$

$$\frac{251{,}04\ gr\ Mn(NO_3)_2}{1\ mol\ Mn(NO_3)_2\ 4H_2O}\ x\ \frac{100}{98{,}5} = 2{,}2508\ gr\ Mn(NO_3)_2\ 4H_2O$$

11.2 CALCULOS PARA LA SÍSNTESIS DE LAMUESTRA LSMO.

Se realizó los cálculos estequiometricos para determinar el volumen de los nitratos precursores, conociendo de antemano el peso molecular de la Perovskita LSMO, $La_{0,7}Sr_{0,3}MnO_3$

Para Nitrato de Lantano $La(NO_3)_3$:

$$5\ gr\ de\ LSMO\ x\ \frac{1\ mol\ LSMO}{226{,}45605\ gr\ LSMO}\ x\ \frac{0{,}7\ mol\ La}{1\ mol\ LSMO}\ x\ \frac{1\ L\ de\ Solución}{1\ mol\ La} = 0{,}015\ L$$

Para Nitrato de Estroncio $Sr(NO_3)$:

$$5\ gr\ de\ LSMO\ x\ \frac{1\ mol\ LSMO}{226{,}45605\ gr\ LSMO}\ x\ \frac{0{,}7\ mol\ Sr}{1\ mol\ LSMO}\ x\ \frac{1\ L\ de\ Solución}{1\ mol\ Sr} = 0{,}0066\ L$$

Para Nitrato de Manganeso $Mn(NO_3)$:

$$5\ gr\ de\ LSMO\ x\ \frac{1\ mol\ LSMO}{226{,}45605\ gr\ LSMO}\ x\ \frac{0{,}7\ mol\ Mn}{1\ mol\ LSMO}\ x\ \frac{1\ L\ de\ Solución}{1\ mol\ Mn} = 0{,}0022\ L$$

11.3 APORTES PARA CONGRESOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

En el desarrollo del proyecto de investigación se tuvo la oportunidad de realizar aportes al **XXIV CONGRESO NACIONAL DE FISICA**, con un resumen de la medición de magnetorresistencia en la perovskita LCBMO. También se aportó al **22ND LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON SOLID STATE PHYSICS,** un resumen sobre la medición de magnetorresistencia en la perovskita **LSMO.**

11.3.1 APORTE PARA XXIV CONGRESO NACIONAL DE FISICA

MEDICION DE MAGNETORRESISTENCIA EN LA PEROVSKITA La0,67(Ca0,65Ba0,35)0,33MnO3, DOPADA CON PLATA Y CON OXIDO DE COBRE

Julio Enrique Muñoz Burbano[1], Darío Fernando Fajardo Fajardo[2], Jenny Alejandra Mera Córdoba[3]

[1]*Departamento de Electrónica: Grupo de Instrumentación y Sistemas Inteligentes, Centro de Investigación en Materiales, Universidad de Nariño*
j_emb@hotmail.com
[2]*Departamento de Electrónica: Grupo de Instrumentación y Sistemas Inteligentes, Centro de Investigación en Materiales, Universidad de Nariño*
dario@udenar.edu.co
[3]*Centro de Investigación en Materiales Universidad de Nariño, Grupo de Materiales Cerámicos*
jennyalmc@gmail.com

Se sinterizó un material del tipo perovskita de composición La0,67(Ca0,65Ba0,35)0,33MnO3, (LCBMO). Los reactivos necesarios para la preparación fueron disueltos en ácido nítrico. Luego se calcularon las cantidades necesarias de este y etilenglicol los cuales actuaron como agentes quelantes. Se obtuvo una solución transparente y homogénea, la solución se evaporó por calentamiento hasta obtener un gel marrón. El gel se precalentó a 300C durante dos horas con el fin de eliminar materiales orgánicos y luego se llevó a 900C durante 5 horas hasta obtener el polvo de LCBMO. Se obtuvieron tres diferentes composiciones de LCBMO, una directamente con el material sinterizado, la cual sirvió como referencia, una segunda fue dopada con plata pura y otra oxido de cobre. Las tres composiciones en forma de pastillas fueron sometidas a mediciones de resistencia por el método de las cuatro puntas a temperatura ambiente, los resultados obtenidos a 0.5T indican una variación apreciable de la magnetorresistencia.

Su deseo de presentación es: Oral [ ] O poster [X]

Dentro de cuál de las líneas especificadas en la página web clasificaría su trabajo

Nuevos Materiales

11.3.2 CARTA DE ACEPTACIÓN XXIV CONGRESO NACIONAL DE FISICA.

Split by PDF Splitter

Congreso Nacional de FÍSICA

La Física como motor de desarrollo científico y tecnológico del país

Bogotá, Agosto 4 de 2011.

Respetado (a)
Julio Enrique Muñoz Burbano
Asunto: MC-158

Un cordial saludo.

El comité organizador local del XXIV CONGRESO NACIONAL DE FÍSICA (XXIV CNF) a realizarse en Bogotá del 3 al 7 de octubre del 2011 le informa que su trabajo titulado:

MEDICION DE MAGNETORRESISITENCIA EN LA PEROVSKITA La0,67(Ca0,65Ba0,35)0,33MnO3, DOPADA CON PLATA Y CON OXIDO DE COBRE

Julio Enrique Muñoz Burbano1, Dario Fernando Fajardo Fajardo2, Jenny Alejandra Mera Córdoba3

Ha sido aceptado para ser presentado en el XXIV CNF en la modalidad: **POSTER.**

Atentamente,

Ovidio Almanza Montero.
Vice-Presidente Sociedad Colombiana de Física
Presidente de XXIV Congreso nacional de Física
Tel: 57-1-316 5000 ext 13048/79
E-mail. XXIVCNF_fcbog@unal.edu.co
Bogotá D.C

www.ciencias.unal.edu.co/xxivcongresonacionaldefisica E-mail. XXIVCNF_fcbog@unal.edu.co, asocfi@gmail.com

11.3.3 APORTE PARA 22ND LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON SOLID STATE PHYSICS

Measurement of magnetoresistance in the manganite $La_{0,7}Sr_{0,3}MnO_3$

Julio Enrique Muñoz Burbano[1], Darío Fernando Fajardo Fajardo[2], Jenny Alejandra Mera Córdoba[3]

(1) Department of Electronics: Group of Instrumentation and Intelligent Systems, Materials Research Center, University of Nariño

(2)Department of Electronics: Group of Instrumentation and Intelligent Systems, Materials Research Center, University of Nariño

(3)Materials Research Center, University of Nariño, Group of Ceramic Materials

email: j_emb@hotmail.com

Synthesis of Manganite LSMO was developed according to the methodology based on Pechini's method [1] which is an initial mixture of citric acid and ethylene glycol to dissolve the cations. This mixture was remained stirring for thirty minutes at a lower temperature of 100 °C. Later solid nitrates or metal precursors (La, Sr and Mn) in a relationship 1 M (molar), proportion 1:1 (citrate:cation). The mixture was evaporated between 100 and 150 ºC to obtain the product of polyesterification, and then a thermal treatment was carried out between 200-300 ºC thereby, the excess of ethylene glycol was eliminated. Next this precalcined material was set to a thermal treatment between 500 °C and 600 °C, to eliminate the organic material and obtain the oxides of interest[2].

The obtained compound, corresponding to a perovskite (figure 1), it was set to a pressure of 6000 psi in a round shape pill mold of 1,5 cm of diameter and 0,01 cm of thickness, in the sample as a pill the measurement of magnetoresistance was performed (figure 2), for 4-wire method, the electrodes were arranged symmetrically to the origin, the measurement was performed with the multimeter NI-DMM4065. The sample was implemented in an electronic switch free of mechanical contact whereby a circuit whit a solid state rele SSR 25 DA is controlled.

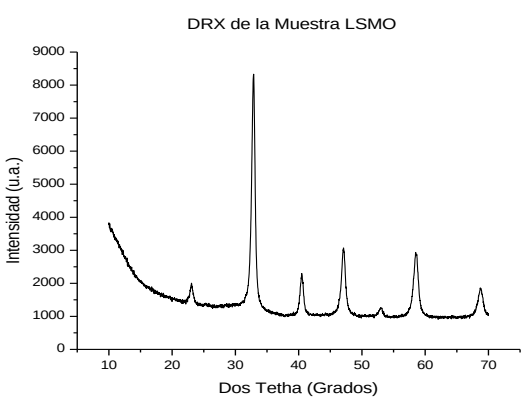


Figure 1. DRX LSMO

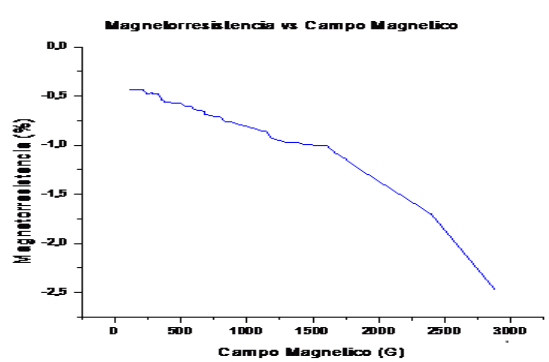
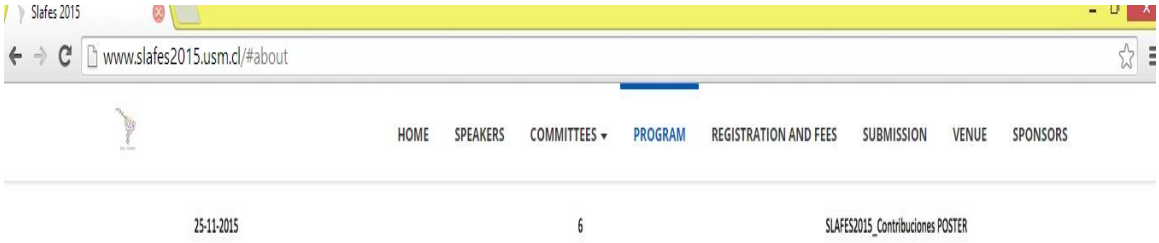


Figure 2. Magnetprresistance vs

Magnetic field

[1] PECHINI, M. P. Metod of preparing lead and alkaline earth titanates and niobates and coating method using the same to form a capacitor. US. Patent t No.3.330.697 July 11, 1967.
[2] R. Fernandez, E. Monteblanco, Estudio de la Magnetorresistencia Colossal y Efecto Hall en la Manganita $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_3$

11.3.4 CAPTURA DE PANTALLA SLAFES 2015[27]



T.	52	Poster - Tuesday	Juan Pablo Ramos	Chile	Enhancement of puped current in quantum dots
T.	53	Poster - Tuesday	Juan Zárate-Medina	México	Synthesis, structural characterization and mechanical properties-reinforcing phase relationship in LZO-LAO and LZO-LHA ceramic composites
T.	54	Poster - Tuesday	Judith Ojeda	Chile	Electron-phonon interaction in quantum transport through quantum dots and molecular systems
T.	55	Poster - Tuesday	Julio Muñoz Burbano	Colombia	Measurement of magnetoresistance in the manganite La0,7Sr0,3MnO3
T.	56	Poster - Tuesday	Lilia Meza-Montes	México	Vacancy Effects on the Electronic Properties of Silicene Nanoribbons under Strain
T.	57	Poster - Tuesday	Luz Murcia	Colombia	AB2 fermionic chains: a DMRG study

[27] SLAFES 2015.< http://www.slafes2015.usm.cl/#about>