

**PRÁCTICA EMPRESARIAL: MONTAJE DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE  
LOS LABORATORIOS OFRECIDOS POR ICL DIDÁCTICA LTDA. Y DISEÑO DE  
UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**DIEGO FERNANDO ZEA ACEVEDO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2005**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL: MONTAJE DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE  
LOS LABORATORIOS OFRECIDOS POR ICL DIDÁCTICA LTDA. Y DISEÑO DE  
UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**DIEGO FERNANDO ZEA ACEVEDO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial  
Para optar al título de ingeniero electrónico**

**Director: OSCAR MAURICIO REYES TORRES  
Ingeniero Electrónico UIS**

**Tutor: ALIRIO RODRIGUEZ  
Ingeniero ICL DIDÁCTICA LTDA.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2005**

## **DEDICATORIA:**

*A la memoria de mi abuela, quien estará siempre presente en cada uno de mis logros.*

*A mi abuelo, quien con su entrega y dedicación hace esto posible.*

## **AGRADECIMIENTOS.**

*A Dios, por ser guía y camino en mi vida.*

*A mis abuelos, por el sacrificio que realizan día a día para ver como alcanzo mis metas.*

*A mis padres, por el apoyo y la confianza que han depositado en mi durante mi carrera.*

*A mis hermanas, por ser una luz de alegría.*

*A mi novia, por su comprensión en los momentos difíciles.*

*A mi director Oscar, por su empuje este proyecto salió adelante.*

*A todos los que de una u otra forma aportaron para la realización de este proyecto*

*A ICL DIDÁCTICA LTDA. por la oportunidad brindada.*

*A mi tío Armando por el apoyo.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. LINEAMIENTOS DEL PROYECTO CON ICL DIDÁCTICA LTDA.</b>	<b>7</b>
1.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO	7
1.2 METODOLOGÍA DEL TRABAJO	7
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	9
<b>2. ICL DIDÁCTICA LTDA.</b>	<b>10</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	10
2.2 MISIÓN	10
2.3 VISIÓN	10
2.4 COMPAÑÍAS REPRESENTADAS Y DISTRIBUIDAS POR ICL DIDÁCTICA LTDA.	11
2.5 LABORATORIOS OFRECIDOS POR ICL DIDÁCTICA LTDA	12
2.5.1 Mecánica	12
2.5.2 Electricidad	12
2.5.3 Electrónica	12
2.5.4 Óptica	13
2.5.5 Física atómica y nuclear	13
2.5.6 Física de estado sólido	13
2.5.7 Tecnología en comunicaciones	13
<b>3. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>	<b>15</b>
3.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	15
3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	15
3.2.1 Mantenimiento correctivo	16
3.2.2 Mantenimiento preventivo	16
3.3 MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN	17
3.4 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO DE ICL DIDÁCTICA LTDA.	18
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA PRÁCTICA</b>	<b>19</b>
4.1 CAPACITACIÓN RECIBIDA	19
4.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA	20
4.3 PUESTA EN MARCHA DEL LABORATORIO DE FÍSICA DE LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER	21
4.4 CAPACITACIÓN A LOS ENCARGADOS	24
4.5 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	25
4.5.1 Inventario e identificación	25
4.5.2 Divulgación fichas técnicas de los equipos	28

4.5.3	Parámetros a tener en cuenta	29
4.5.4	Mecanismos de seguimiento	30
4.5.5	Tiempos de ejecución	31
4.5.6	Registros	32
4.5.7	Recomendaciones	34
<b>5.</b>	<b>COMPENDIO DE PRÁCTICAS</b>	<b>35</b>
5.1	LEY DE COULOMB	35
5.2	EFFECTOS DE FUERZA EN CAMPOS MAGNÉTICOS	39
5.3	DEFINICIÓN ELECTRODINÁMICA DEL AMPERE	43
5.4	LEY DE BIOT-SAVART	46
5.5	INDUCCION ELECTROMAGNÉTICA	50
5.6	HISTERESIS FERROMAGNÉTICA	53
5.7	MEDICIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA	55
5.8	DETERMINACIÓN DE LA CARGA ESPECÍFICA DEL ELECTRÓN	58
5.9	EXPERIMENTO DE FRANCK-HERTZ	61
5.10	PRÁCTICAS CON TRANSFORMADORES	64
5.11	CONSTANTE DE PLANCK	67
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>71</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXO A. CASSY LAB</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXO B. FORMATO DE REGISTRO DE ANOMALIAS DE LOS EQUIPOS</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXO C. FICHAS TÉCNICAS POR EQUIPO</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXO D. FORMATO PARA REVISIÓN DE EQUIPOS</b>	<b>117</b>
	<b>ANEXO E. MAGNITUDES Y UNIDADES EMPLEADAS DENTRO DEL LIBRO</b>	<b>118</b>
	<b>ANEXO F. NORMAS DE SEGURIDAD Y TRABAJO EN EL LABORATORIO</b>	<b>119</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Montaje práctica Ley de Coulomb</i>	37
Figura 2. <i>Montaje práctica fuerza producida por el campo en una bobina</i>	41
Figura 3. <i>Montaje práctica fuerza producida por el campo en un electroimán</i>	43
Figura 4. <i>Montaje práctica definición electrodinámica del Ampere</i>	45
Figura 5. <i>Calculo por integración del campo magnético sobre un conductor con corriente</i>	46
Figura 6. <i>Campo magnético sobre un alambre conductor infinito</i>	47
Figura 7. <i>Campo magnético sobre conductor circular cerrado</i>	48
Figura 8. <i>Montaje práctica Ley de Biot-Savart en alambre infinito</i>	49
Figura 9. <i>Montaje práctica Ley de Biot-Savart en un sobre lazo cerrado</i>	50
Figura 10. <i>Montaje práctica inducción electromagnética</i>	52
Figura 11. <i>Montaje práctica histéresis ferromagnética</i>	54
Figura 12. <i>Montaje práctica medición del campo magnético de la tierra</i>	57
Figura 13. <i>Montaje práctica determinación carga específica del electrón</i>	60
Figura 14. <i>Montaje para medición del campo en el experimento</i>	60
Figura 15. <i>Diagrama esquemático del tubo de neón</i>	62
Figura 16. <i>Gráfica que confirma el experimento de Franck-Hertz</i>	62
Figura 17. <i>Montaje práctica experimento Franck-Hertz</i>	64
Figura 18. <i>Montaje práctica con transformadores</i>	67
Figura 19. <i>Esquema que demuestra el efecto fotoeléctrico</i>	68
Figura 20. <i>Dispositivo compacto</i>	69
Figura 21. <i>Configuración del amplificador para la medición</i>	70
Figura A. 1. <i>Ventana desplegada en la pestaña general</i>	75
Figura A. 2. <i>Ventana desplegada por las entradas del sensor.</i>	76
Figura A. 3. <i>Ventana desplegada en la pestaña Parámetro/Formula/FFT</i>	78
Figura A. 4. <i>Ventana desplegada en la pestaña representación</i>	79
Figura A. 5. <i>Ventana de parámetros de medición</i>	80
Figura A. 6. <i>Menú desplegado para ajustes sobre la visualización</i>	81
Figura A. 7. <i>Iconos de funciones dentro de Cassy Lab</i>	82
Figura C. 1. <i>Sensor Cassy</i>	86
Figura C. 2. <i>Sensor de fuerza</i>	88
Figura C. 3. <i>Disposición de las galgas extensiométricas en el sensor</i>	89
Figura C. 4. <i>Barrera luminosa de horquilla</i>	90
Figura C. 5. <i>Sensor de movimiento</i>	91
Figura C. 6. <i>Unidad BMW</i>	92
Figura C. 7. <i>Unidad fuente de corriente</i>	93
Figura C. 8. <i>Transductor de desplazamiento</i>	94
Figura C. 9. <i>Unidad 30 Amperios</i>	96
Figura C. 10. <i>Unidad Timer</i>	97
Figura C. 11. <i>Unidad <math>\mu V</math></i>	97
Figura C. 12. <i>Sensor de temperatura de NiCr-Ni</i>	99
Figura C. 13. <i>Unidad de temperatura</i>	99

Figura C. 14. <i>Medidor de Newton</i>	100
Figura C. 15. <i>Teslametro</i>	102
Figura C. 16. <i>Sondas tangencial B y axial B</i>	103
Figura C. 17. <i>Amplificador de electrómetro</i>	104
Figura C. 18. <i>Transformador 2 a 12V</i>	106
Figura C. 19. <i>Transformador variable de baja tensión</i>	107
Figura C. 20. <i>Unidad de alimentación de cc 0-15V</i>	108
Figura C. 21. <i>Fuente de alimentación cc 0-20V</i>	109
Figura C. 22. <i>Fuente de alimentación de gran amperaje</i>	110
Figura C. 23. <i>Fuente de alimentación para tubos 0-500V</i>	111
Figura C. 24. <i>Fuente de alimentación de alta tensión, 10kV</i>	112
Figura C. 25. <i>Fuente de alimentación de alta tensión de 25 kV</i>	113
Figura C. 26. <i>Generador de funciones</i>	114
Figura C. 27. <i>Power Cassy</i>	115
Figura C. 28. <i>Procedimiento para el cambio de fusible de las fuentes</i>	116

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Listado de prácticas del laboratorio de física</i>	22
Tabla 2. <i>Inventario equipos electrónicos dentro laboratorio</i>	26
Tabla 3. <i>Parámetros para fuentes y sensores</i>	30
Tabla 4. <i>Listado de fusibles de algunos de los equipos</i>	34
Tabla A. 1. <i>Descripción de funciones y teclas asociadas a los iconos</i>	82
Tabla E. 1. <i>Magnitudes y unidades empleadas dentro del libro</i>	118
Tabla E. 2. <i>Tabla de constantes empleadas</i>	118

**TÍTULO:** MONTAJE DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE LOS LABORATORIOS OFRECIDOS POR ICL DIDÁCTICA LTDA. Y DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO\*

**AUTOR:** ZEA ACEVEDO, DIEGO FERNANDO\*\*

**PALABRAS CLAVE:** plan de mantenimiento, mantenimiento preventivo, formatos de registro, laboratorio de física.

**DESCRIPCIÓN:**

En este trabajo, la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander -UIS- presenta a ICL DIDÁCTICA LTDA. (ICL) una propuesta para la realización de manuales de mantenimiento preventivo para los equipos que ofrece y la puesta en marcha de un laboratorio de física. La propuesta considera la organización y planeación del mantenimiento, así como los requerimientos para su ejecución y seguimiento.

En el proyecto se presenta una breve descripción de ICL, su misión, visión y los laboratorios que ofrece; de igual manera se definen los pasos a seguir para diseñar e implementar un plan de mantenimiento para equipos en general. Posteriormente se hace referencia a todas aquellas herramientas necesarias para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y se realiza una descripción de cada una de éstas, como son las fichas técnicas y formatos de registro. Finalmente se proponen guías para orientar algunas de las posibles experiencias de laboratorio.

Aunque este proyecto está centrado en el laboratorio de física que ICL instaló en las Unidades Tecnológicas de Santander, las herramientas que se diseñaron y desarrollaron pueden ser empleadas en cualquiera de los laboratorios que ofrece la empresa y le permiten brindar a los usuarios el soporte técnico necesario y la capacitación adecuada para lograr un mejor aprovechamiento de los equipos e incrementar la vida útil de los mismos.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Programa: Ingeniería electrónica, Director: Ing. Oscar Mauricio Reyes Torres

**TITLE:** MOUNTING OF ELECTRONIC EQUIPMENT OF THE LABORATORIES OFFERS BY ICL DIDÁCTICA LTDA, AND DESING OF A PLAN OF PREVENTIVE MAINTENANCE\*

**AUTHOR:** ZEA ACEVEDO, DIEGO FERNANDO\*\*

**KEYWORDS:** Plan of maintenance, preventive maintenance, registers, physics laboratories.

**DESCRIPTION:**

In this work, the school of Electric, Electronics and Telecommunication of the UIS present to ICL DIDÁCTICA LTDA. a proposal for the elaboration of the manuals of preventive maintenance referred to the equipments they offer and the setting up of the physics laboratory, proposal consists of the organization of the maintenance jobs, and the requirements for your execution and following.

In this project it's presented a brief description of ICL, your mission, vision and the laboratories they offer; besides are defined the steps to follow for design and introduce a plan of maintenance for general equipment. Lately it's made reference to the tools required for a preventive maintenance program and it's analyzed each of one, like technical data and registers, finally the know how about the laboratory experiences are presented.

This project is based in the experience of the Unidades Tecnologicas de Santander's laboratory but the tools and guides may be implemented for any laboratory they offer, they are ready to give technical assistance, for improving the live of the equipment.

\*Grade work

\*\*School of Electronic Electric Engineering and Telecommunications, Program Electronic, Managing Engineering Oscar Mauricio Reyes Torres.

## INTRODUCCIÓN

El ingenio del hombre ha llevado a través de la historia al desarrollo de técnicas y utensilios que mejoran la comodidad y/o aseguran la supervivencia de la especie. Gracias a esto, cada día se logran avances tecnológicos importantes, inimaginables años atrás y que normalmente son el resultado de la búsqueda de soluciones al afrontar diferentes necesidades y problemas. Es así como en la prehistoria, contra el frío excesivo, se aprendió a controlar el fuego, ante la necesidad de transportar elementos pesados se inventa la rueda como solución; también la bombilla eléctrica, el telégrafo, la radio, la televisión, entre muchos otros, han sido producto de la capacidad inventiva del hombre y son muestras claras de su alcance. Actualmente, el avance tecnológico ha beneficiado diversos campos de acción del hombre, la medicina, la construcción, la navegación, las telecomunicaciones y la enseñanza, entre otros.

A nivel de la enseñanza, debe ser una de las prioridades del docente que sus alumnos construyan de la mejor manera los conocimientos relacionados con un área. Es bien sabido, que todos aprenden de manera diferente, por lo tanto este proceso de asimilación puede no ser tan sencillo como se quisiera. Se dice que si se tiene un concepto previo de un tema, será más fácil el aprendizaje de éste, pues “el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”<sup>1</sup>. Un ejemplo asociado a este postulado son las prácticas de laboratorio, que se convierten en una herramienta de ayuda para entender y afianzar los conceptos expuestos en el aula. En este punto es importante hacer mención a la industria didáctica, entendiéndose ésta como aquella que se encarga de buscar y desarrollar herramientas que permiten complementar o expresar por sí mismas conceptos relacionados con determinadas áreas del conocimiento.

---

<sup>1</sup> AUSUBEL, HANESIAN y NOVAK. Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. México : Ed. Trillas. 1983. 2 ed. p. 328.

“La práctica hace al maestro”, reza un adagio popular. Y parece cierto que se aprende más fácilmente cuando se ve o palpa lo que se intenta aprender. Sería pretencioso afirmar que solamente con la práctica se puede dar por entendido un determinado tema o proceso, pues la simple iteración de procedimientos sólo conlleva a un aprendizaje mecánico, que al carecer de bases teóricas estructuradas presenta múltiples falencias, pues se trata de almacenar información arbitrariamente, sin la interacción con conceptos preexistentes; es por esto que la comprensión teórica es importante ya que permite crear un soporte firme para el conocimiento. Sin embargo, tampoco se puede afirmar que la teoría pueda por sí sola lograr lo que con la práctica se consigue; por lo tanto, práctica y teoría en conjunto proporcionan al estudiante herramientas para una comprensión más clara y profunda de los conceptos.

Actualmente, muchos colegios y universidades de nuestro país cuentan con laboratorios, donde los estudiantes pueden llevar a cabo experiencias que de una u otra forma buscan ayudar en la asimilación de conceptos. Estos laboratorios en su mayoría son importados por empresas que, interesadas en el mejoramiento de la calidad académica de nuestro país, brindan la posibilidad de adquirir los más novedosos equipos para la enseñanza. ICL DIDACTICA LTDA., es una de esas empresas, que se encarga de distribuir a lo largo de la geografía colombiana laboratorios en diversos campos, desde la química de colegio, hasta lo más avanzado en física, máquinas eléctricas, óptica, electrónica y comunicaciones.

Para toda empresa distribuidora es importante poder brindarle a sus compradores soporte técnico y teórico sobre sus equipos, que en el caso de ICL DIDÁCTICA LTDA. son los equipos que conforman los diferentes laboratorios que ofrece y el manejo de las experiencias. Es así que como resultado de esta práctica se elaboraron dos documentos. El primero, que contiene fichas técnicas de cada uno de los elementos del laboratorio, es el producto del análisis de las características técnicas de los equipos, y pretende ser una fuente de ayuda para los compradores

en el correcto manejo de los laboratorios. El segundo reúne, a manera de libro de referencia para las prácticas, los conceptos previos que se consideran más importantes para el desarrollo exitoso de las mismas. Con esto se logra orientar a docentes y estudiantes en el manejo de las experiencias, de manera que su correcto uso conlleve a un claro entendimiento del experimento realizado.

La tecnología evoluciona rápidamente y su costo no se reduce proporcionalmente a este avance. A nivel de laboratorios, se busca que los equipos sean duraderos y de calidad, lo cual generalmente implica altos costos, por esta razón es tan importante la implementación de planes de mantenimiento preventivo, que libren los equipos de fallos o brinden soluciones prontas ante la presencia inesperada de anomalías. A pesar de la gran calidad de los equipos que ofrece ICL DIDACTICA LTDA., siempre existe la posibilidad de que se presenten fallos debido al desconocimiento de las características del equipo por parte del operador, por defectos de fábrica, o simplemente producto del desgaste normal. Es por esta razón que dentro de su filosofía de post-venta, ICL DIDACTICA LTDA. quiere entregar a sus compradores un manual de mantenimiento preventivo, que otorgue a sus equipos una extensión de su vida útil.

Este tipo de prácticas exigen del ingeniero un nivel de conocimiento en todas las áreas que cobijen los laboratorios y, por otra parte demandan de éste un manejo profundo de la electrónica y sus alcances. De esta manera se logrará dar satisfacción a los compradores y se podrá orientar a éstos hacia el uso adecuado de los recursos adquiridos.

En el presente documento se exponen los objetivos de la práctica y sus alcances, como también una breve descripción de la empresa a la que se le prestó el servicio. En los siguientes capítulos, se encuentra todo lo concerniente a la descripción de las prácticas, un marco teórico acerca del mantenimiento industrial y la descripción del plan de mantenimiento a implementar para los equipos. En los

anexos se encuentran las fichas técnicas de los equipos, así como los formatos de mantenimiento, y una descripción acerca del manejo de software de las prácticas que hacen uso de él. Para finalizar se plantean las conclusiones y recomendaciones de la práctica.

## **1. LINEAMIENTOS DEL PROYECTO CON ICL DIDÁCTICA LTDA.**

La presente tesis es el resultado del trabajo realizado junto a ICL DIDÁCTICA LTDA. en el montaje de uno de sus laboratorios, en la modalidad de práctica empresarial, la cual lleva como título: **MONTAJE DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE LOS LABORATORIOS OFRECIDOS POR ICL DIDÁCTICA LTDA. Y DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

### **1.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO**

Con esta práctica se busca brindar a ICL DIDÁCTICA LTDA. una ayuda que le permita brindar a sus compradores un mejor servicio, mediante la entrega de documentos que les orienten hacia el correcto uso de los equipos, y el correcto aprovechamiento de cada una de las experiencias adquiridas.

A pesar de contar con sus instalaciones en la ciudad de Bogotá, ICL DIDÁCTICA LTDA. ofrece a sus compradores soporte tanto técnico como teórico a lo largo de la geografía nacional. Uno de sus compradores fue las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, en donde se orientó en la puesta en marcha del laboratorio de física adquirido, brindando a sus docentes las herramientas necesarias para la exitosa realización de las prácticas, también se diseñará e implementará un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que conforman el laboratorio.

### **1.2 METODOLOGÍA DEL TRABAJO**

El proyecto permite crear un documento que contenga información teórica acerca del manejo de cada una de las prácticas que estén contenidas dentro del laboratorio adquirido, así como un documento técnico en el que se encuentren las

características técnicas del equipo electrónico y, contendrá igualmente las recomendaciones que sirvan para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre los mismos.

Para lograr el objetivo del proyecto y cumplir con las metas establecidas, se plantearon las siguientes etapas de desarrollo:

- Conocimiento de la empresa
- Capacitación dictada por ICL DIDÁCTICA LTDA. acerca de sus equipos de laboratorio.
- Recopilación información técnica de los diferentes equipos.
- Recepción de equipos para el laboratorio de las Unidades Tecnológicas de Santander.
- Puesta en marcha del laboratorio en las Unidades Tecnológicas de Santander.
- Ofrecer capacitación a los encargados del laboratorio en las Unidades Tecnológicas de Santander.
- Diseño y elaboración de un plan de mantenimiento para los equipos electrónicos que se encuentren dentro del laboratorio.
- Elaboración del informe final.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Dadas las necesidades planteadas por ICL DIDÁCTICA LTDA, resulta relevante contar con el aporte de un Ingeniero Electrónico que esté capacitado para comprender, utilizar y adaptar la tecnología electrónica presente, en este caso la que maneja la empresa.

Es importante que se tenga la fundamentación científica suficiente para manejar, diseñar y desarrollar equipos y sistemas electrónicos, pues de esta manera no sólo se podrá diseñar de manera eficiente un plan de mantenimiento para los mismos, sino que además se podrá proponer nuevas utilidades y/o mejorar los equipos que ofrece la compañía.

Para ICL DIDÁCTICA LTDA resulta importante contar con la presencia de un ingeniero electrónico, ya que los conocimientos que éste posee en los campos de física, comunicaciones, antenas, control, máquinas y otros campos afines, son de gran utilidad al momento de llevar a cabo capacitación sobre el manejo de los diferentes laboratorios y además, teniendo el conocimiento apropiado puede aprovechar mejor los equipos, diseñando a futuro nuevas aplicaciones para éstos.

## 2. ICL DIDÁCTICA LTDA.

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

“**ICL DIDÁCTICA LTDA.** Es una empresa colombiana creada a partir del 21 junio de 1995, constituida por escritura publica No. 661, notaria 28, inscrita el 27 de julio de 1995, con reforma No. 352, notaria 32, el 11 de febrero de 2003. La sociedad en referencia cambió de nombre de: **CIENTECNICA LTDA, POR EL DE: ICL DIDÁCTICA LTDA.**, ofreciendo los servicios de importación, venta, mantenimiento, instalación, suministro de repuestos y accesorios para todas las líneas que distribuye”<sup>2</sup>

ICL DIDÁCTICA LTDA. es una empresa que ofrece a sus compradores un total soporte tanto en pre-venta como en post-venta, con el fin de garantizar un servicio de calidad y un respaldo total.

### 2.2 MISIÓN

“ICL DIDÁCTICA LTDA., es una empresa líder en comercialización y asistencia técnica de sistemas tecnológicos y equipos didácticos en las áreas de Física, Química, Biología, Técnica, Instrumentación Electrónica y Científica, brindando soluciones tanto en el ámbito educativo como industrial, mediante la innovación, calidad, eficiencia y rentabilidad”<sup>3</sup>

### 2.3 VISIÓN

“ICL DIDÁCTICA LTDA., se proyecta como empresa de reconocido prestigio en Colombia y Latinoamérica, en el sector educativo e Industrial”<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Hoja de vida de ICL DIDÁCTICA LTDA.

<sup>3</sup> Ibid.

<sup>4</sup> Ibid

## **2.4 COMPAÑÍAS REPRESENTADAS Y DISTRIBUIDAS POR ICL DIDÁCTICA LTDA.**

### **a. DIVISIÓN DE EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA**

**LEYBOLD DIDACTIC:** diseña laboratorios de física, química, comunicaciones, ingeniería automotriz, control, y además laboratorios en las áreas de electrónica y electrotecnia.

**QUANSER:** cuenta con laboratorios en sistemas de control lineal. Además experimentos modulares de movimientos lineales, rotacionales y especiales.

### **b. DIVISIÓN DE INSTRUMENTACION Y EQUIPOS DE LABORATORIO**

**HAMMEG:** distribuye osciloscopios análogos, digitales y de almacenamiento, multímetros digitales, generadores, analizadores de espectros, fuentes, trazadores de curvas, etc.

**WAVETEK Meterman:** provee multímetros digitales, pinzas y generadores de funciones.

**TEKTRONIX:** dentro de la gama de equipos con que cuenta se encuentran, osciloscopios digitales, generadores, fuentes de poder.

**ORIEL:** maneja los campos de óptica y opto-electrónica, radiómetros, amplificadores, monocromadores, detectores.

**FISHER:** distribuye toda la gama de equipos y elementos de consumo para el laboratorio.

También maneja equipos de las marcas: **PEACKTECH, EXTECH instruments, HANNA Instruments, VWR Scientific.**

## **2.5 LABORATORIOS OFRECIDOS POR ICL DIDÁCTICA LTDA**

ICL DIDÁCTICA LTDA ofrece laboratorios didácticos en diversas áreas que permiten llevar a cabo múltiples experiencias propuestas por parte del fabricante. Algunos de los laboratorios ofrecidos y algunas de las experiencias que se pueden llevar a cabo son:

### **2.5.1 Mecánica**

- Métodos de medida
- Fuerzas
- Movimiento traslacional de masas puntuales
- Movimiento rotacional de cuerpo rígido
- Oscilaciones
- Ondas mecánicas
- Acústica

### **2.5.2 Electricidad**

- Electrostática
- Principios de electricidad
- Magnetostática
- Inducción electromagnética
- Máquinas eléctricas
- Circuitos DC y AC
- Oscilaciones electromagnéticas y ondas

### **2.5.3 Electrónica**

- Componentes y circuitos básicos
- Amplificadores operacionales

- Lazos de control abierto y cerrado
- Tecnología digital

#### **2.5.4 Óptica**

- Geometría óptica
- Ondas ópticas
- Polarización
- Intensidad de la luz
- Velocidad de la luz
- Espectrómetro

#### **2.5.5 Física atómica y nuclear**

- Experimentos introductorios
- Rayos X
- Radioactividad
- Física nuclear

#### **2.5.6 Física de estado sólido**

- Propiedades de los cristales
- Fenómenos de conducción
- Magnetismo

#### **2.5.7 Tecnología en comunicaciones**

- Transmisión
- Recepción
- Transmisión + Recepción
- Tecnología MODEM
- Antenas

ICL DIDÁCTICA LTDA, también ofrece modernos laboratorios de máquinas eléctricas.

### **3. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

#### **3.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Cuando se adquiere un equipo, se espera que éste de un rendimiento óptimo por un largo lapso de tiempo. En las empresas este ítem es sumamente importante pues el fallo de un equipo puede representar pérdidas considerables en producción, además de generar costosos gastos en reparación. Es por esta razón que contar con un adecuado plan de mantenimiento se convierte en una herramienta que permite a las empresas prolongar la vida útil de sus equipos sin incurrir en costos de reparación constantemente. Algunos de los objetivos del mantenimiento son:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.
- Evitar, reducir, y de ser el caso reparar, las fallas de los equipos.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

#### **3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

En búsqueda de prolongar la vida útil de lo equipos se encuentran diversos tipos de mantenimiento que se pueden implementar, y que conllevan al alcance de los

objetivos propuestos por un plan de mantenimiento adecuado. Dentro de los tipos de mantenimiento encontramos el mantenimiento correctivo y el preventivo.

### **3.2.1 Mantenimiento correctivo**

En este tipo de mantenimiento se realiza la intervención sobre el equipo una vez que se ha presentado la falla o avería, y dentro de las medidas que se pueden adoptar se encuentran:

- **Paliativas:** Consisten en dar al equipo su funcionalidad sin adentrarse en la fuente que pudo producir el fallo.
- **Curativas:** Con estas medidas se restituye la funcionalidad de los equipos habiendo eliminado completamente la fuente que ocasionó la avería.

### **3.2.2 Mantenimiento preventivo**

Con este tipo de mantenimiento se pretende prevenir al equipo de posibles fallos, para lograr esto se deben realizar supervisiones periódicas en los equipos con el fin de detectar posibles variaciones en su accionar que puedan terminar en una avería. La implementación de este tipo de mantenimiento presenta ventajas como:

- Reducción de los tiempos de parada.
- Seguimiento en la evolución de un defecto en el tiempo.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.

### **3.3 MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN**

Es de suma importancia que al momento de diseñar un plan de mantenimiento se tengan en cuenta los siguientes aspectos:

- Análisis de la situación actual: se debe examinar la política de mantenimiento de la empresa y los posibles fallos que ésta presente.
- Definición de la política de mantenimiento: como se verá en el capítulo cuatro el tipo de mantenimiento a ejecutar será el preventivo estudiado en éste capítulo.
- Realización de pruebas: se deben llevar a cabo mediciones sobre los equipos a los que se les piensa implementar el plan de mantenimiento con el fin de conocer su comportamiento, en este caso se realizó sobre los equipos del laboratorio de física de las Unidades Tecnológicas de Santander.
- Recopilación y ordenación de datos obtenidos: además de lo que se pueda obtener con la realización de pruebas, es importante contar con las características técnicas que ofrecen los fabricantes, en este caso Leybold Didactic.
- Procesar información: se deben recopilar los datos tanto de la política de mantenimiento actual de la empresa como de los equipos, con el fin de tener una visión más amplia de lo que se puede implementar sobre éstos.
- Analizar resultados: una vez ordenada la información se deben sacar las conclusiones pertinentes.
- Readaptación del sistema: una vez analizadas las fallas actuales y teniendo conocimiento de los equipos, se esta en condiciones de proponer mejoras que a la política de mantenimiento actual de ICL DIDÁCTICA LTDA.

Además de estos elementos es importante contar con otros de apoyo tales como:

- Datos del fabricante, en este caso provenientes de Leybold Didactic.
- Manuales

- Planos
- Experiencia acumulada ya sea escrita o bien transmitida oralmente por el personal que trabaja con los equipos.
- Sugerencias de mejoras aportadas por los mismos.

### **3.4 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO DE ICL DIDÁCTICA LTDA.**

Dentro de su filosofía, ICL DIDÁCTICA LTDA. realiza un contrato de mantenimiento con todos sus compradores, en el que conviene con ellos una revisión semestral durante un año, y en la que se compromete a dar respuesta a cualquier anomalía que se presente en los equipos en un período de tiempo definido por las partes.

## **4. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA PRÁCTICA**

Para la culminación exitosa de la práctica, se plantearon una serie de etapas, cada una de las cuales buscaba cumplir con un objetivo determinado. A continuación se presentan los logros y aportes realizados durante el transcurso de cada una de las etapas, previamente enunciadas en el capítulo uno.

### **4.1 CAPACITACIÓN RECIBIDA**

Como estudiante practicante en ICL DIDÁCTICA LTDA. era importante tener conocimiento de los diferentes laboratorios que ofrecen y su correcta manipulación; por esta razón se recibieron 80 horas de capacitación, con las que se buscaba llevar a cabo una familiarización con los equipos y el software respectivo. Dentro de este proceso se conocieron laboratorios de comunicaciones, control, entre otros, instalados por ICL DIDÁCTICA LTDA. en varias universidades de la ciudad de Bogotá.

En lo referente al laboratorio de física adquirido por las Unidades Tecnológicas de Santander, la capacitación para éste se llevó a cabo en las instalaciones de la institución. Para esto se realizaron los montajes de las diferentes prácticas, orientados por el físico alemán Ulrich Foerster, creador y desarrollador de las experiencias dentro de Leybold-Didactic.

Como resultado de esta capacitación se adquirieron destrezas en el manejo del software Cassy-Lab, y en el desarrollo de las prácticas adquiridas por las Unidades Tecnológicas de Santander.

## **4.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA**

Anteriormente los compradores de ICL DIDÁCTICA LTDA. en lo referente a los equipos de Leybold Didactic, sólo contaban con algunas hojas de datos que venían incluidas en las cajas provenientes de Alemania, las cuales en su mayoría se encontraban en inglés y alemán, por lo que no representaban una ayuda eficaz para la mayoría de compradores.

Por esta razón se ofreció a esta empresa elaborar un documento dirigido a quienes adquieran sus equipos, pues se considera importante que cuenten con este tipo de información técnica, ya que de esta manera no sólo se asegura un manejo adecuado de los equipos, sino que a la vez con base en dicha información se puedan desarrollar nuevas aplicaciones para éstos.

Para la realización del documento, se estudiaron los manuales ofrecidos por ICL DIDÁCTICA LTDA. correspondientes a los equipos electrónicos que hacen parte del laboratorio de física adquirido por las Unidades Tecnológicas de Santander. Siendo orientado a los compradores, éste debía realizarse de manera sencilla y fiable, de manera que fuese fácil su interpretación. Pensando en una búsqueda eficiente, en el documento se agruparon los equipos de tal manera que su localización se llevara a cabo en el menor tiempo posible.

Teniendo en cuenta estos factores se desarrollaron las fichas técnicas, las cuales contienen características propias de cada uno de los equipos, tales como el consumo de potencia que presentan, voltajes que soportan, manejo de corriente y demás datos que son de utilidad para el cuidado y desarrollo de nuevas aplicaciones. También se encuentran dentro de las fichas recomendaciones tanto del fabricante como algunas propuestas por el autor de este libro, y que son producto de la experimentación con los equipos.

Las fichas técnicas presentadas en el anexo C son el resultado del estudio de los correspondientes manuales, y pretenden dar a conocer a quien esté a cargo del laboratorio de física de las Unidades Tecnológicas de Santander los equipos que conforman las prácticas, de manera que con la ayuda de este manual se puedan prevenir daños causados por desconocimiento de las características de los equipos.

#### **4.3 PUESTA EN MARCHA DEL LABORATORIO DE FÍSICA DE LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

Antes de la invención de la escritura, la información y el conocimiento mismo se transmitían de manera oral, y los métodos de experimentación eran aún insipientes; con el transcurso de los años y con el desarrollo de la escritura y las matemáticas, el acceso al conocimiento se transformó en un privilegio de pocos, y cada vez era más difícil que personas del común entendieran de manera clara y dieran fe de los postulados que en ese entonces se hacían.

En esa búsqueda de herramientas que permitan a quien recibe información, un análisis y un entendimiento claro de los conceptos que se le presentan, existen en la actualidad cientos de industrias que han enfocado su tecnología al desarrollo de prácticas de laboratorio que apoyen los procesos de enseñanza y de aprendizaje, que no sólo conducen a que el estudiante asimile fácilmente la teoría que se les expone, sino que bajo la orientación adecuada se formen “aprendices autónomos, independientes y autorregulados capaces de aprender a aprender”<sup>5</sup>. Y es que con la tecnología actual, es posible que Einstein, Newton, Maxwell, y tantos físicos más que dedicaron parte de su vida a desarrollar teorías complejas hubiesen necesitado tan solo semanas para poder demostrar y transmitir con exactitud los resultados de sus trabajos.

---

<sup>5</sup> DIAZ BARRIGA, Frida, HERNANDEZ ROJAS, Gerardo. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo : una interpretación constructivista. México, McGraw-Hill, 2001. 2 ed.

Por esta razón, una entidad como las Unidades Tecnológicas de Santander en su tarea de brindar una formación integral a futuros tecnólogos, y con el firme propósito de brindarles bases teóricas sólidas, optó por la adquisición de un moderno laboratorio de física que cubre diferentes áreas como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Listado de prácticas del laboratorio de física

ÁREA	PRÁCTICAS
<b>FÍSICA I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimiento de traslación de masas puntuales</li> <li>• Movimiento en dos dimensiones</li> <li>• Dinámica y leyes del movimiento de Newton</li> <li>• Movimiento de rotación del cuerpo rígido</li> <li>• Acción estática de las fuerzas</li> <li>• Estática y el concepto de equilibrio</li> <li>• Palanca</li> <li>• Trabajo, potencia y energía</li> <li>• Osciladores, acoplamiento de oscilaciones</li> </ul>
<b>FÍSICA II</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrostática</li> <li>• Ley de Coulomb</li> <li>• Líneas de fuerza y equipotenciales</li> <li>• Puente de wheastone</li> <li>• Magnetostática</li> <li>• Definición electrodinámica del Ampere</li> <li>• Ley de Biot-Savart</li> <li>• Inducción electromagnética</li> <li>• Transformadores</li> <li>• Magnetismo</li> <li>• Histéresis ferromagnética</li> </ul>
<b>FÍSICA III</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondas</li> <li>• Óptica geométrica</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispersión</li> <li>• Teoría del color</li> <li>• Óptica ondulatoria</li> <li>• Difracción</li> <li>• Acústica</li> </ul>
<b>FÍSICA MODERNA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de la carga específica del electrón</li> <li>• Constante de Planck</li> <li>• Dualismo onda-partícula</li> <li>• Líneas espectrales</li> <li>• Experimento de Franck-Hertz</li> </ul>

**Fuente:** Autor

Para el desarrollo de las prácticas es importante que exista un material de soporte, que oriente al estudiante durante la práctica. Es importante que dicho material contemple los siguientes aspectos:

- Marco teórico
- Equipo a utilizar
- Descripción del montaje
- Recomendaciones para el experimento

Aunque el software<sup>6</sup> contiene ayudas en las que el estudiante puede encontrar descripciones del montaje y un pequeño marco teórico, se planteó dentro de la propuesta omitir estas ayudas al estudiante, ya que presentan las siguientes desventajas:

- El marco teórico es bastante deficiente, y en general sólo presentan fórmulas de manera directa y sin justificación alguna de su procedencia.

---

<sup>6</sup> CASSY-LAB hace referencia al software empleado por algunas de las prácticas del laboratorio.

- El texto de ayuda presenta en algunos apartes inconsistencias de términos, producto de una mala traducción, así como incoherencia en la presentación de algunas gráficas. Por ejemplo, si bien es cierto que las magnitudes de intensidad de campo magnético (H) y densidad de campo magnético (B) son directamente proporcionales, en algunos apartes se hace relación al campo magnético (H) y se relaciona con Teslas, unidad para la densidad de campo magnético (B).
- La ayuda contenida en el software guía al estudiante a efectuar ajustes de manera automática, limitando de esta manera su creatividad y la posibilidad adquirir un conocimiento más autónomo y profundo tanto del Cassy-Lab, como de la temática estudiada.

Por estas razones se planteó y realizó un documento que contiene un manual de ayuda para el manejo del software, el cual se presenta en el Anexo A, y contiene aspectos importantes del manejo del Cassy-Lab que el estudiante deberá manejar para el desarrollo exitoso de cada una de las prácticas, e igualmente le permitirán proponer y llevar a cabo nuevas aplicaciones. El documento también cuenta con propuestas de algunas guías de las prácticas, las cuales se presentan en el capítulo 5. Con éstas se logra dar al estudiante una herramienta que le facilite llevar a cabo cada una de las experiencias de manera segura y obteniendo resultados confiables, y a la vez le permiten apropiarse de su proceso de aprendizaje.

#### **4.4 CAPACITACIÓN A LOS ENCARGADOS**

La capacitación fue dirigida a docentes y personal encargado del laboratorio. Ésta se llevo a cabo con ayuda de los manuales previamente expuestos, del software CASSY-LAB, y de los equipos adquiridos. La mecánica empleada fue la siguiente:

1. Inicialmente y dado el enfoque propuesto dentro de los manuales, se dio una explicación en el manejo del software Cassy-Lab de tal forma que los docentes estuviesen en capacidad de enseñar de manera correcta a sus estudiantes el manejo del mismo.
2. Se presentaron las prácticas y se expusieron los conceptos que evaluaban.
3. Para cada una de las prácticas se especificó el equipo a utilizar para su desarrollo, así como algunas recomendaciones importantes para el cuidado de sus elementos.
4. Una vez conocidos los conceptos y el equipo requerido, se efectuó el montaje respectivo, de manera pausada y comentada.
5. Ya habiendo realizado el montaje y previo a la toma de medidas, se hicieron recomendaciones de configuración del software para la adquisición de datos, como el manejo de entradas e intervalos de medida.
6. Habiendo tomado algunas medidas, se confrontaron con los valores teóricos esperados, y en los casos en que se necesitó se efectuaron los ajustes respectivos y se repitió el proceso de medición.
7. Ya realizados estos pasos, se dio espacio a que los docentes experimentaran por su cuenta con las prácticas, y mientras lo hacían se respondían las dudas e inquietudes generadas.

Durante la capacitación que tuvo una duración de una semana, se hizo énfasis en los alcances de los equipos dentro del laboratorio, ya que de ninguna manera está limitado a las prácticas adquiridas, sin embargo se les recomendó que antes de efectuar cualquier nueva aplicación se remitieran al documento que contiene las fichas técnicas de los equipos (Anexo C) para prevenir posibles daños.

## **4.5 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

### **4.5.1 Inventario e identificación**

Para el desarrollo exitoso de un plan de mantenimiento es importante tener claro el tipo de mantenimiento a implementar, en este caso se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos que conforman el laboratorio de física de las Unidades Tecnológicas de Santander. Se ha seleccionado este tipo de mantenimiento debido a que los equipos son nuevos, y el mantenimiento preventivo será una herramienta importante en la prolongación de la vida útil de los mismos.

Es importante que antes de entrar a proponer un plan de mantenimiento se tenga el inventario de los equipos a los cuales se les puede aplicar el plan diseñado, en este caso el inventario realizado se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** *Inventario equipos electrónicos dentro laboratorio*

<b>CODIGO LEYBOLD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>
33746	Barrera De Luz En Horquilla	3
51660	Sonda Tangencial B	1
51661	Sonda Axial B	4
53214	Amplificador De Electrómetro	3
314261	Sensor De Fuerza	1
337631	Sensor De Movimiento	2
521351	Transformador Variable De Baja Tensión S	2
521545	Fuente de alimentación de cc 0...16 v, 0...5 a	1
524031	Unidad fuentes de corriente	2
524032	Unidad transductor de medidas de desplazamientos	2
524034	Unidad timer	3
524040	Unidad $\mu$ v	3
524043	Unidad sensora 30 amperios	2
524045	Unidad de temperatura (nicr-ni, ntc)	1
524060	Sensor de fuerza s, $\pm 1$ n	2
529031	Registrador de desplazamiento	2
314251	Newtonmetro	1
51662	Teslametro	4
52125	Transformador 2 hasta 12 v, 120 w	2
52139	Transformador de regulación baja tensiones	1
52145	Unidad de alimentación. Cc 0...+/-15 v	3
52150	Aparato de alimentación. Ca/cc 0...15 v, 5 a	1
52155	Fuente de alimentación de gran amperaje	5
52156	Generador de corriente en triangulo	1

52165	Fuente de alimentación para tubos 0...500 v	1
52170	Fuente de alimentación de alta tensión 10 kv	2
521721	Fuente de alimentación de alta tensión 25 kv	1
52227	Fuente de alimentación 450 v	1
522621	Generador de funciones s 12	2
524010	Sensor-CASSY	18
524011	Power-CASSY	1

**Fuente:** Autor

Contar con este inventario es importante porque de esta manera se pueden establecer necesidades de control mayores sobre algunos de los equipos, ya que la prioridad dentro del laboratorio es que cada uno se encuentre disponible durante el mayor tiempo posible, también permite agrupar los equipos según su funcionalidad, en este caso los equipos se pueden distribuir en tres grupos:

- Sensor Cassy y sensores asociados
- Instrumentos de medida
- Fuentes de alimentación

Una vez establecidos el número de equipos y a qué grupo pertenece cada uno, es importante la identificación de los mismos dentro del laboratorio por medio de un código, de manera que se pueda realizar un seguimiento constante que permita establecer parámetros al momento de posibles fallos.

La selección del código debe ser tal que los equipos queden plenamente identificados, para la selección del código se analizaron las siguientes posibilidades.

1. Establecer un código conformado por un número de cuatro dígitos y una letra, donde los primeros dos dígitos expresarían el nombre del equipo, los dos dígitos siguientes representarían una identificación dentro de la misma clase de equipos y la letra señalaría la clase a la que pertenece el equipo. Por ejemplo, si se contara con el código **2901A**, y con base en la tabla 2, tendríamos que el

equipo equivalente para el número **29** es el sensor Cassy, el valor **01** nos refiere a uno de los 18 sensores que se encuentran en el laboratorio, y la **A** señala que el equipo pertenece al grupo *sensor Cassy y sensores asociados*. Tal como se presenta el código, éste puede cubrir un total de 100 clases diferentes de equipos, cada una con 100 elementos y con 27 grupos de distribución.

2. Otra de las posibilidades es partir del código de Leybold para cada equipo y agregarle 2 dígitos finales de esta forma se podrán identificar los diferentes equipos dentro de una misma clase. Así la identificación para el sensor Cassy del ejemplo sería **524010 01**, podría pensarse en agregar una letra en vez de los dos dígitos, sin embargo aunque esto reduce lo extenso del código, también limita el número de equipos de una misma clase. Además de lo extenso, otra de las desventajas que presenta este tipo de código es que no sería estándar, ya que no todos los códigos de Leybold son uniformes.
3. Por último una de las alternativas para la identificación es hacer uso del código de inventario de la institución. De esta manera cada equipo quedaría identificado según la asignación de la institución. Sin embargo para efectos de una rápida identificación este método podría resultar incómodo.

#### **4.5.2 Divulgación fichas técnicas de los equipos**

Si bien el mantenimiento preventivo lo realiza la empresa que vende los equipos, en este caso ICL DIDÁCTICA LTDA., los encargados del laboratorio cumplen un papel importante en el cuidado de los equipos. Es por esta razón que como medida de mantenimiento se elaboró un documento que contiene todas las características técnicas de los equipos electrónicos dentro del laboratorio. Con la elaboración y divulgación de este documento se logra que:

- Tanto encargados como estudiantes cuenten con un documento técnico, de fácil comprensión, claro y específico.

- Todo el que manipule los equipos y con la ayuda de éste documento, conozca los alcances y las limitaciones de los elementos electrónicos del laboratorio.
- Se prolongue la vida útil de los equipos siguiendo las recomendaciones dadas para cada uno.
- Desde ahora ICL DIDÁCTICA LTDA. cuente con un documento que puede ser entregado a sus próximos compradores.
- Se identifiquen de manera ágil y práctica cada uno de los equipos que conforman el laboratorio de física.

Cada una de las fichas presenta las siguientes partes:

- **Nombre del equipo:** el nombre corresponde al proporcionado por Leybold Didactic.
- **Número de identificación:** éste número es el código de fábrica de los equipos.
- **Función:** se explica muy brevemente la utilidad del equipo dentro del laboratorio.
- **Características:** se exponen las diferentes características técnicas de cada uno de los equipos. Es importante conocerlas, pues de esa manera se asegura un uso adecuado dentro de los rangos permisibles por el fabricante.
- **Recomendaciones:** se plasman una serie de recomendaciones tanto técnicas como de uso, algunas ofrecidas por el fabricante y otras establecidas producto de la experimentación.

#### 4.5.3 Parámetros a tener en cuenta

Para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo, es importante seguir con detenimiento el comportamiento de ciertos parámetros para cada uno de los equipos, de esta manera se puede determinar el estado del equipo y así prevenir futuros fallos mediante variaciones en estos parámetros. Según su funcionalidad

los equipos se agruparon en *Sensor Cassy* y *sensores asociados, instrumentos de medida y fuentes de alimentación*, y según los parámetros que se pueden supervisar los equipos se pueden agrupar en dos categorías:

- Fuentes
- Sensores e instrumentos de medida

De las fuentes se espera que entreguen voltajes estables, que manejen un rizado residual no mayor a cierto porcentaje del valor nominal, y que su manejo de corriente sea confiable. Por su parte, en los sensores e instrumentos de medida se busca confiabilidad en la medición y que el error que presenten sea bajo. En este grupo es importante la verificación de los valores resistivos de entrada de los sensores, pues de alguna manera pueden ser indicadores de un comportamiento anormal, y por lo tanto serán indicio de una posible falla en la medición. Los parámetros a tener en cuenta se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3.** *Parámetros para fuentes y sensores*

<b>Fuentes</b>	<b>Sensores y transductores</b>
Voltaje de salida [V]	Voltaje de salida max.[V]
Corriente de salida [I]	Error de medición [%]
Rizado residual [%]	Resistencia de entrada [ $\Omega$ ]
Estabilidad del funcionamiento con carga [V]	

**Fuente:** Autor

#### **4.5.4 Mecanismos de seguimiento**

Una vez establecidos los parámetros, es importante determinar el mecanismo mediante el cual se realizará la supervisión sobre los mismos. Para ello se necesitarán de una serie de instrumentos, algunos de los cuales se encuentran dentro del laboratorio, lo cual facilitará la revisión. El procedimiento será el siguiente:

- Para las fuentes, con ayuda de elementos de medida (multímetros, osciloscopios o el sensor Cassy con su respectivo software) y un circuito de carga se realizará una verificación de los voltajes entregados, y se verificará que cada uno de los parámetros se encuentre dentro del rango especificado para cada fuente.
- Con los sensores e instrumentos de medida se deberá emplear un multímetro que permita realizar mediciones resistivas, también se requerirá de elementos que permitan realizar una verificación sobre la medición, por ejemplo para verificar que el sensor de movimiento entrega valores precisos, es conveniente desplazar sobre éste un hilo con una distancia conocida, de esta manera se corroborará el valor obtenido con el esperado y se podrá estimar el error y el estado del sensor. En equipos como el teslámetro o el newtonmetro se debe verificar el voltaje que presenta en su salida análoga ante la presencia de una muestra conocida. Dentro de las recomendaciones expuestas en las fichas técnicas se encuentran algunas que permitirán llevar a cabo la verificación de los parámetros en los equipos.

#### **4.5.5 Tiempos de ejecución**

Para una apropiada selección de los tiempos en que se debe llevar a cabo esta verificación de parámetros, es necesario tener en cuenta la disponibilidad de los equipos de manera que la supervisión no interfiera con las necesidades del comprador. En este caso, el laboratorio de física estará siendo utilizado durante los dos semestres académicos que ofrece la institución, por lo tanto el momento ideal para la revisión sería una o dos semanas después de finalizado cada uno de los semestres.

#### 4.5.6 Registros

Es importante que antes y durante la revisión se deje constancia del comportamiento de los equipos y los resultados obtenidos durante la verificación de parámetros. Para esto se diseñaron dos formatos de registro:

**A. Formato para el registro de anomalías en los equipos:** con este formato se busca contar con una historia del comportamiento de los equipos, que se actualizará a medida que los equipos presenten algún tipo de anomalía, lo cual facilitará el diagnóstico de fallos al momento de llevar a cabo un mantenimiento correctivo. Este formato está diseñado exclusivamente para los encargados del laboratorio y todo el personal que tenga acceso a la manipulación de los equipos. En el formato presentado en el anexo B, se identifican los siguientes campos:

- **Hoja Nº:** este espacio está destinado a dar un orden a la historia de los equipos.
- **Número de identificación:** el número de identificación que irá en este espacio será el correspondiente al código previamente seleccionado por el usuario.
- **Tipo Equipo:** se designó con el fin de identificar el grupo al que pertenece el equipo (Sensor Cassy y sensores asociados, fuentes ó instrumentos de medida)
- **Fecha:** sobre este espacio se debe consignar la fecha en que se presentó la anomalía.
- **Descripción anomalía:** en este ítem se deberá describir claramente la anomalía presentada en el equipo.
- **Condición de trabajo:** para dar solución y prevenir futuras fallas, es vital el saber la fuente de fallo, por esto es importante consignar de manera detallada la condición de trabajo del equipo al momento de presentarse la anomalía.

- **Firma:** es posible que quien presencié la falla pueda aportar en la búsqueda de la fuente de fallo, por eso es importante tener conocimiento de la persona que reporta la falla.

**B. Formato para revisión de equipos:** este formato está diseñado para registrar el resultado de las supervisiones semestrales, que deberán ser efectuadas por personal de ICL DIDÁCTICA LTDA. o personal capacitado por la misma empresa. El formato presentado en el anexo D contiene los campos:

- **Reporte técnico N°:** con el fin de establecer constancia de la supervisión.
- **Fecha de realización:** se registra en este espacio la fecha en que se llevo a cabo la revisión del equipo.
- **Nombre del equipo:** corresponde al nombre predeterminado de fábrica.
- **Número de identificación:** correspondiente al código preseleccionado por el usuario, previa notificación a la empresa.
- **Observaciones/Recomendaciones:** donde la persona encargada de la supervisión deberá dejar por escrito aquellas indicaciones que le permitan mantener el buen funcionamiento del equipo o prevenir un nuevo fallo en caso de haberse presentado.
- **Aceptación cambios/revisión:** en este espacio se deja constancia de la persona que llevo a cabo la revisión y un visto bueno por parte de la institución propietaria de los equipos, en este caso las Unidades Tecnológicas de Santander.
- También cuenta con un espacio destinado a seleccionar si la revisión se efectúa sobre una fuente o un sensor e instrumento de medida, y según su selección cuenta con los parámetros que deberán ser supervisados. De igual manera cuenta con los espacios, limpieza, calibración y cambio de partes que permitirán dejar constancia si alguno de estos procedimientos fue efectuado.

#### 4.5.7 Recomendaciones

Existen algunas recomendaciones generales que deben tenerse en cuenta al momento de la implantación del plan de mantenimiento preventivo, estas son:

- Es importante que tanto el propietario como el vendedor de los equipos cuente con los registros de anomalías y de revisión, este trabajo en conjunto facilitará la solución de dificultades técnicas.
- Los procesos de limpieza deben realizarse con soluciones apropiadas para componentes electrónicos, y debe llevarse a cabo de manera cuidadosa.
- La no omisión de detalles en ninguno de los registros es vital para la prevención de futuras fallas.
- Como medida preventiva se recomienda que el propietario cuente con los fusibles de los diferentes equipos, de esta manera se puede dar solución a este tipo de fallos, mientras se realiza la supervisión semestral para determinar la fuente del fallo. Algunos de los equipos cuentan con un reemplazo en portafusibles, en caso de no disponer de éste se aconseja hacer el cambio por un valor cercano no mayor al especificado (Tabla 4).

**Tabla 4.** Listado de fusibles de algunos de los equipos

<b>CODIGO LEYBOLD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR FUSIBLE [A]</b>
521351	Transformador Variable De Baja Tensión S	4
521545	Fuente de alimentación de cc 0...16 v, 0...5 a	1,4
52125	Transformador 2 hasta 12 v, 120 w	1
52145	Unidad de alimentación. Cc 0...+/-15 v	1
52165	Fuente de alimentación para tubos 0...500 v	2
52170	Fuente de alimentación de alta tensión 10 kv	0,63
521721	Fuente de alimentación de alta tensión 25 kv	0,63

Fuente: Autor

## 5. COMPENDIO DE PRÁCTICAS

### 5.1 LEY DE COULOMB

#### Marco teórico

La electricidad estática, ha existido desde mucho tiempo atrás, los griegos quienes dieron origen al término “Electricidad” derivado de la palabra “Ámbar”, descubrieron que el ámbar podía atraer pelusas y pedazos de paño producto de la fricción que se realizaba entre sus mantas y la gema. Sin embargo fue sólo hasta que el coronel Charles Coulomb, por medio de una serie de experimentos sobre una delicada balanza de torsión de su propia invención, pudo determinar cuantitativamente la fuerza que se ejerce entre dos objetos que tienen una carga estática de electricidad.

Coulomb afirmó: “La fuerza entre dos objetos muy pequeños separados en el vacío o en el espacio libre por una distancia comparativamente grande en relación con el tamaño de los objetos, es proporcional a la carga en cada uno e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa”<sup>7</sup>

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2} \quad [N]$$

Donde Q1 y Q2 son cantidades de carga positiva o negativa, R es la separación entre estas y k es una constante de proporcionalidad. Usando el sistema internacional de medida, tenemos que la carga se medirá en coulombs [C], R en metros [m] y la fuerza F en newtons [N]. La constante k es igual a:

---

<sup>7</sup> HAYT H William Jr, Teoría Electromagnética. México : Mc Graw-Hill. 1999. 5 ed. p. 30.

$$K = \frac{1}{4\pi E_0}$$

Siendo  $E_0$  la permitividad del espacio libre y su magnitud se toma en Farads por metro [F/m], el valor de esta constante es aproximadamente  $8.854E^{-12}$  F/m, de esta manera se obtiene la ecuación que representa la ley de Coulomb como:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi E_0 R^2} \quad [N]$$

Cuando se considera una carga en posición fija y una segunda carga se mueve a su alrededor, se evidencia la existencia de una fuerza sobre ésta. Este concepto es el utilizado en la práctica de la ley de Coulomb.

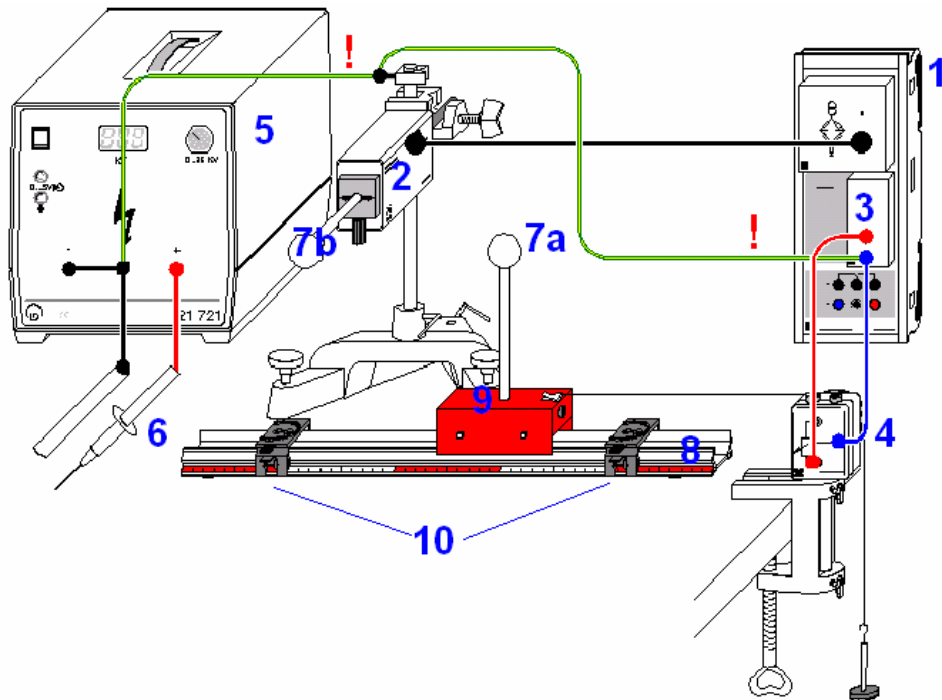
### **Equipo a utilizar**

1. Sensor-CASSY 524010
2. Sensor de fuerzas S,  $\pm 1$  N 524060
3. Unidad Fuente de corriente 524031
4. Transductor de desplazamiento 529031
5. Fuente de alta tensión, 25 kV 521721
6. Cable para alta tensión 50105
7. Juego de cuerpos electrostáticos 314263
8. Riel metálico de precisión 46082
9. Carrito de medición 33700
10. Jinetillo con pinza 46095

## Descripción del montaje

Se conecta la unidad sensora de fuerza al sensor Cassy en su entrada A, a este sensor se conecta una esfera metálica por medio de un soporte aislado. A la entrada B se conecta la unidad de corriente, la cual toma lecturas del desplazamiento por medio de la unidad transductora, estos desplazamientos serán los que realice la segunda esfera, la cual irá sobre el carrito de medición. Para el correcto registro se deberá usar un hilo sobre la unidad transductora con el juego de pesas de tal manera que cualquier desplazamiento quede registrado. Para la fuente de alta tensión, se deberá cortocircuitar la tierra flotante a alguna de las dos salidas, de manera que según la selección podamos obtener voltajes entre  $\pm 25\text{kV}$ . (Figura 1)

**Figura 1.** Montaje práctica Ley de Coulomb



**Fuente:** Manual Cassy Lab

## Recomendaciones para el experimento

- Debido a que ni el sensor Cassy, ni el sensor de fuerza cuentan con protecciones contra alta tensión es recomendable mantener una separación prudente entre estos componentes y/o realizar un acople de tierras entre los mismos.
- El éxito de la práctica está en la carga que se efectúe sobre las esferas, para dicha carga se puede hacer uso de la fuente de alta tensión. Para esto se recomienda, que se conecte el cable de alta tensión a una varilla taladrada de PVC, y se froten las esferas sobre ésta durante cierto tiempo.
- En caso que no se presente carga se recomienda limpiar los aisladores y esferas con bastante cuidado con la llama no luminosa de un mechero de Bunsen o con aire caliente de un secador de cabello.
- En lugar de la fuente de alta tensión pruebe con otra fuente de cargas (por ejemplo. con una varilla de PVC).
- Se recomienda que el experimento se realice en un clima seco.
- Para la toma de mediciones, hay que tener en cuenta que la distancia cuando las esferas se tocan no es cero sino aproximadamente 4 cm, que es aproximadamente la distancia entre los centros de ambas esferas.
- La representación apropiada para este experimento es la que nos muestre una gráfica de Fuerza vs. Distancia, este ajuste se realizará en la pestaña representación de la ventana de ajuste. (Ver anexo A).
- Se debe verificar la carga presente en las esferas antes de la toma de medidas, y en lo posible debe efectuarse la carga antes de conectarlas al sensor de fuerza.

## 5.2 EFECTOS DE FUERZA EN CAMPOS MAGNÉTICOS

### Marco teórico

Una partícula cargada y en movimiento, en un campo magnético de densidad de flujo  $\mathbf{B}$  experimenta una fuerza proporcional a la magnitud de la carga, la velocidad  $\mathbf{v}$  y la densidad de flujo, la dirección que tendrá la fuerza será perpendicular a los vectores de velocidad y densidad de flujo. De esta manera la fuerza se puede expresar mediante:

$$F = Q(\vec{v} \times \vec{B}) \text{ [N]}$$

Esta expresión se conoce como la fuerza de Lorentz.

En un conductor con corriente que se sitúe dentro en un campo magnético, esta fuerza se puede ver como la suma de fuerzas individuales sobre cada uno de los portadores de carga que conforman la corriente, así la fuerza que se podrá definir como:

$$F = Q \cdot n \cdot A \cdot L(\vec{v} \times \vec{B}) \text{ [N]}$$

Donde  $\mathbf{n}$  es la densidad de portadores,  $\mathbf{A}$  la sección del conductor y  $\mathbf{L}$  la longitud del mismo. El producto  $Q \cdot n \cdot A \cdot L$  determina la intensidad de corriente, y  $\mathbf{L}$  se introduce como un vector que indica la sección del conductor, bajo esta observación se reescribe la fuerza como:

$$F = I(\vec{L} \times \vec{B}) \text{ [N]}$$

En el experimento se mide la fuerza sobre un lazo de corriente situado en el campo homogéneo de una bobina sin núcleo en función de la corriente  $I$  que circula por el lazo. También se puede llevar a cabo dentro del campo proporcionado por un electroimán.

## **Equipo a utilizar**

### **A. Con campo producido por bobina**

1. Sensor-CASSY 524010
2. Sensor de fuerzas  $S$ ,  $\pm 1$  N 524060
3. Unidad 30-A 524043
4. Soporte de bucle conductor 314265
5. Juego de bucles para la medición de fuerzas 51634
6. Bobina de excitación,  $d = 120$  mm 516244
7. Fuente de alimentación de gran amperaje 52155
8. Fuente de alimentación de c.a./c.c., 0...15 V 52150

### **B. Con campo producido por electroimán**

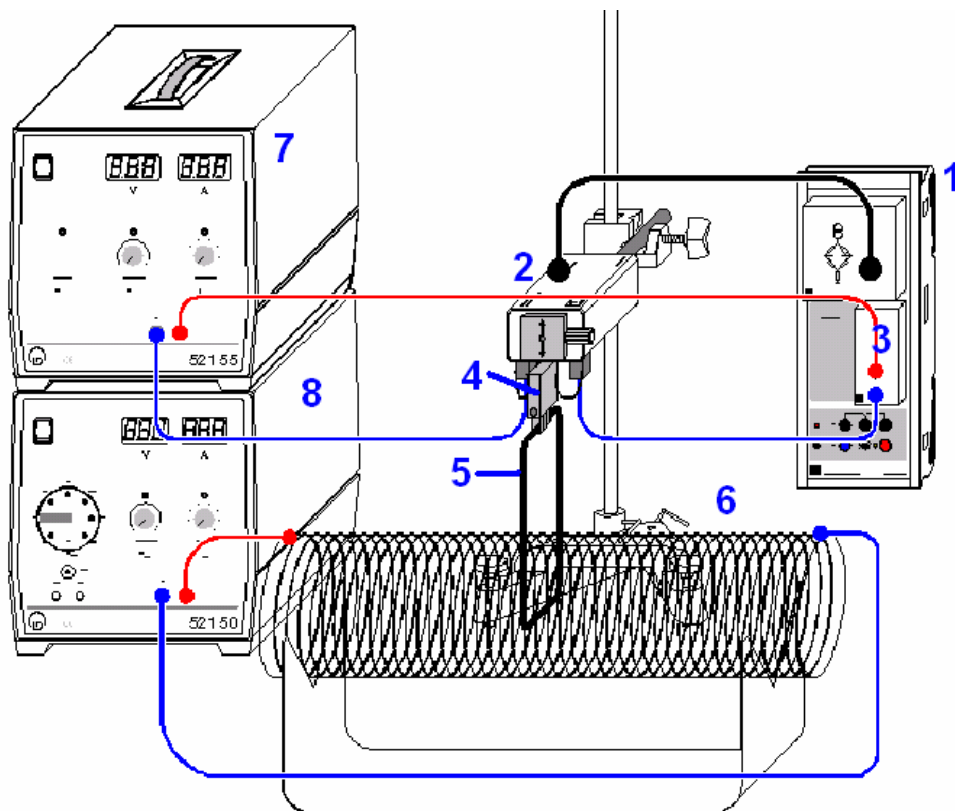
1. Sensor-CASSY 524 010
2. Sensor de fuerzas  $S$ ,  $\pm 1$  N 524 060
3. Unidad 30-A 524 043
4. Juego de bucles para la medición de fuerzas 516 34
5. Núcleo en U con yugo 562 11
6. 2 Bobinas con 500 espiras 562 14
7. Dispositivo adicional de zapata polar 562 25
8. Fuente de alimentación de gran amperaje 521 55
9. Fuente de alimentación de c.a./c.c., 0...15 V 521 50

## Descripción del montaje

### A. Con bobina

La bobina se alimenta con la fuente de 5 A para generar un campo estable, que en teoría sería  $\mathbf{B} = \mu_0 \times N \times I_c / L$  [T], donde  $I_c$  es la corriente que pasa por la bobina,  $L$  la longitud de la misma,  $N$  el número de espiras y  $\mu_0$  la constante de permeabilidad  $4\pi \times 10^{-7}$  [H/m]. El bucle conductor se ubica sobre el sensor de fuerza, y se alimenta con la fuente variable de 20 A. La fuerza se sensa por medio de la entrada A del Cassy mientras que la corriente se hará en la entrada B por medio de la unidad de corriente de 30 A. (Figura 2)

**Figura 2.** Montaje práctica fuerza producida por el campo en una bobina



**Fuente:** Manual Cassy Lab

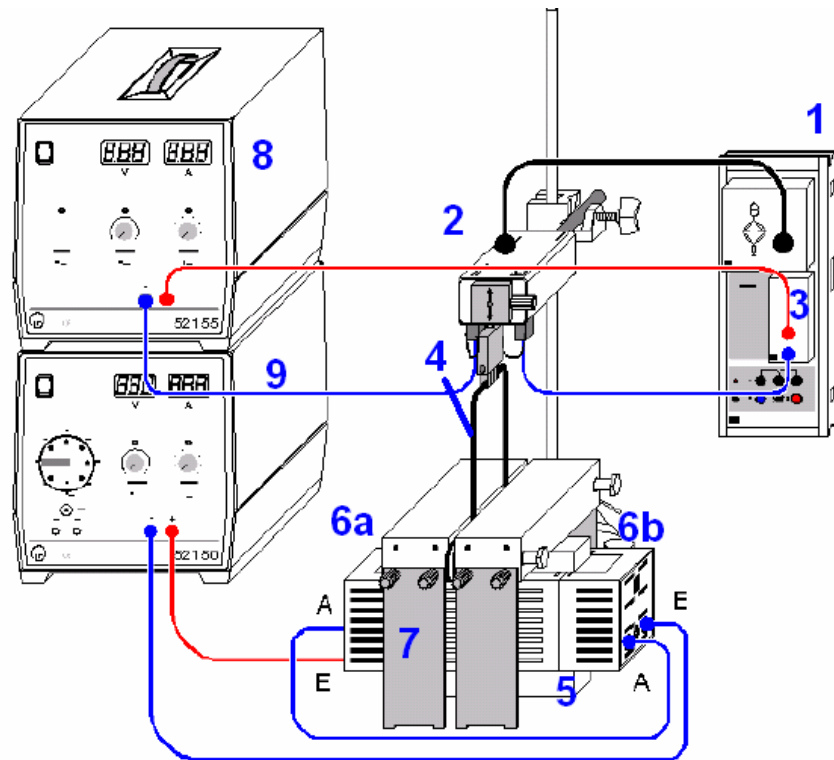
## **Recomendaciones para el experimento**

- El bucle conductor no debe tocar la bobina que produce el campo magnético o el electroimán, este se debe ubicar justamente en la mitad del espacio reservado dentro de la bobina.
- Si se registran valores negativos de fuerza se deberá intercambiar la conexión de la fuente de corriente que alimenta el bucle.
- Las variaciones de corriente dentro del bucle deben realizarse en rangos de 2 a 5 A.
- Las mediciones deben realizarse de manera rápida pues el bucle podría sufrir daños por calentamiento ante un gran amperaje.
- Antes de efectuar mediciones se debe asegurar que para una corriente cero dentro del bucle la fuerza presentada en este sea nula, estos ajustes se realizan por medio de la corrección de offset de las entradas. (Ver anexo A)

### **B. Con electroimán**

En lugar de usar la bobina sin núcleo se puede hacer uso de un electroimán que se forma con dos bobinas de 500 espiras cada una, haciendo circular por estas la corriente de 5 A, el bucle se ubicara en medio de la zapata polar, y estará afectado por la suma de los campos inducidos por cada bobina, la conexión del bucle será igual que la expuesta en el experimento con bobina. (Figura 3)

**Figura 3.** Montaje práctica fuerza producida por el campo en un electroimán



**Fuente:** Manual Cassy Lab

### 5.3 DEFINICIÓN ELECTRODINÁMICA DEL AMPERE

#### Marco teórico

La ley circuital de Ampere dice que la integral de línea de un campo magnético  $\mathbf{H}$  [A/m] sobre cualquier trayectoria cerrada  $\mathbf{L}$  [m] es igual a la corriente encerrada por dicha trayectoria, se define la corriente positiva como aquella que fluye en dirección de avance de un tornillo derecho que se gira en la dirección en donde recorre la trayectoria cerrada.

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{L} = I \text{ [A]}$$

El Ampere se define: “como aquella corriente constante que fluye en direcciones opuestas en dos conductores rectos paralelos, de longitud infinita, sección transversal despreciable y separados por una distancia de un metro en el vacío y que producen una fuerza repulsiva de  $2 \times 10^{-7}$  newton por metro de longitud entre los conductores.”<sup>8</sup>

La fuerza entre dos conductores paralelos esta dada por:

$$F = \frac{I^2 \mu_0}{2\pi d} \text{ [N]}$$

De acá se deduce que un valor sencillo para la permeabilidad del espacio libre,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  [F/m].

### **Equipo a utilizar**

1. Sensor-CASSY 524010
  2. Sensor de fuerzas S, +/-1 N 524060
  3. Unidad 30-A 524043
  4. Bucles conductores para la definición electrodinámica del amperio 51633
  5. Fuente de alimentación de gran amperaje 52155
- Newtonmetro 314251 (Opcional)

### **Descripción del montaje**

El sensor de fuerza junto a uno de los bucles conductores, se conecta al Newtonmetro. Ambos bucles se ubican paralelamente a una distancia corta, aproximadamente 4 mm y se hace circular a través de ellos corriente por medio de

---

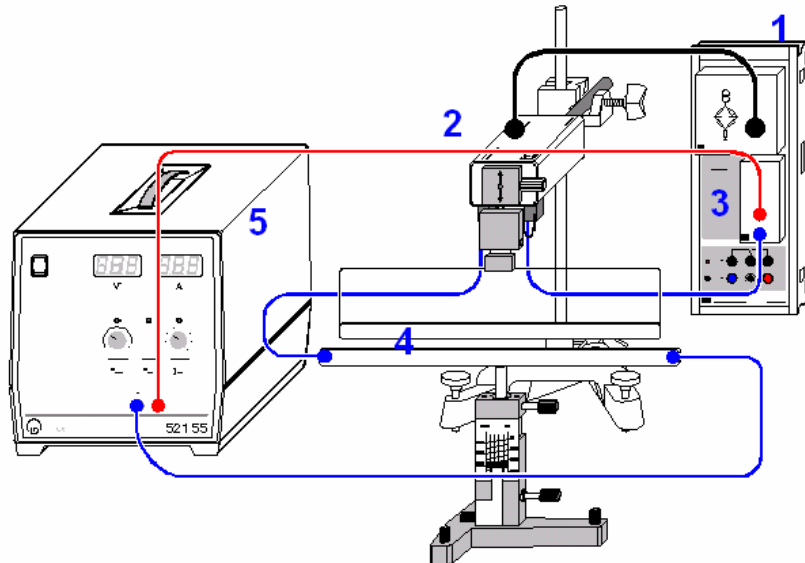
<sup>8</sup> HAYT H. William Jr. Teoría Electromagnética. México : Mc Graw-Hill. 1999. 5 ed. p. 498.

la fuente de 20 A. El montaje también se puede llevar a cabo junto a la herramienta Cassy Lab, para lograr esto basta con conectar el sensor de fuerza a la entrada A del sensor Cassy, trabajando bajo esta configuración se sensa la corriente a través de la unidad de corriente de 30 A en la entrada B del sensor Cassy. (Figura 4).

### Recomendaciones para el experimento

- Para evitar daños en los bucles conductores se recomienda someter estos a corrientes por cortos lapsos de tiempo.
- Antes de iniciar la medición hay que asegurarse de que ante una corriente cero la fuerza sea nula tanto en medición con el newtonmetro como en el sensor Cassy.
- Para manejo con Cassy Lab se recomienda el uso de registro manual de datos.

**Figura 4.** Montaje práctica definición electrodinámica del Ampere



**Fuente:** Manual Cassy Lab

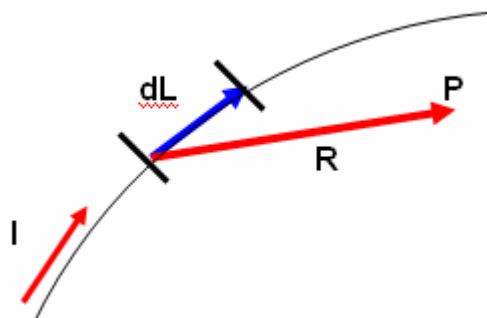
## 5.4 LEY DE BIOT-SAVART

### Marco teórico

La ley de Biot-Savart establece que “en cualquier punto P la magnitud de la intensidad de campo magnético producida por el elemento diferencial, es proporcional al producto de la corriente, la magnitud del diferencial de longitud y el seno del ángulo formado entre el filamento y la línea que conecta al filamento con el punto P en donde se busca el campo. La magnitud de la intensidad de campo magnético es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde el elemento diferencial al punto P, la dirección de la intensidad de campo es normal al plano que contiene el filamento diferencial y a la línea dibujada desde el filamento hasta P. De las dos normales posibles se elige aquella que esta en la dirección de avance de un tornillo derecho girando desde dL a través del ángulo mas pequeño que forma con la línea desde el filamento hasta P.”<sup>9</sup> (Figura 5)

$$dH = \frac{Id\vec{L} \times \vec{R}}{4\pi R^3} \text{ [A/m]}$$

**Figura 5.** *Calculo por integración del campo magnético sobre un conductor con corriente*



**Fuente:** Autor.

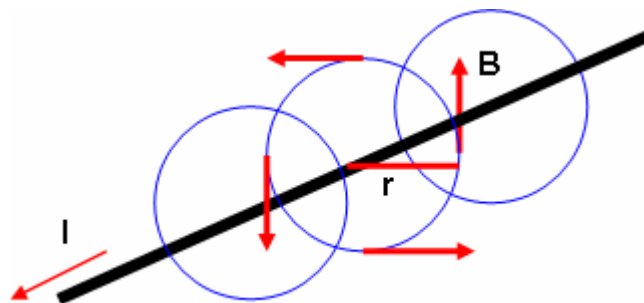
<sup>9</sup> HAYT H. William Jr. Teoría Electromagnética. México : Mc Graw-Hill. 1999. 5 ed. p. 242.

El campo que se tiene para un hilo infinito es:

$$H = \frac{I \cdot 2\mu_0}{4\pi r} \text{ [A/m]}$$

Donde  $r$  es la distancia desde el eje y las líneas de campo se presentan concéntricas a lo largo de este y esta dada en metros [m]. (Figura 6)

**Figura 6.** Campo magnético sobre un alambre conductor infinito



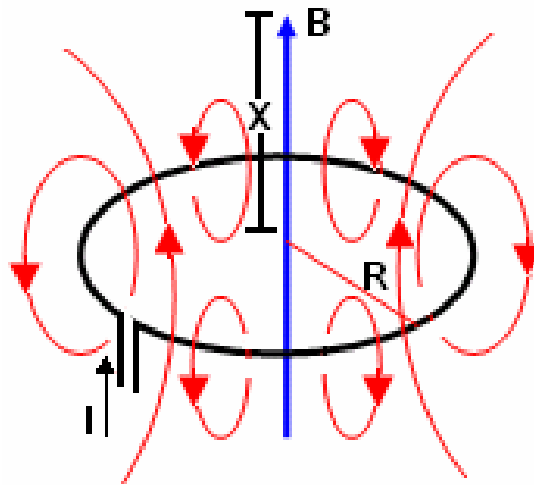
**Fuente:** Autor

Para un conductor circular cerrado de radio  $R$ , el campo se expresa como:

$$H = \frac{\mu_0}{4\pi} I \cdot 2\pi \cdot \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \text{ [A/m]}$$

Siendo  $x$  una distancia en metros que se mueve a lo largo de un eje que atraviesa el centro del lazo conductor. (Figura 7)

**Figura 7.** Campo magnético sobre conductor circular cerrado



Fuente: Autor.

### Equipo a utilizar

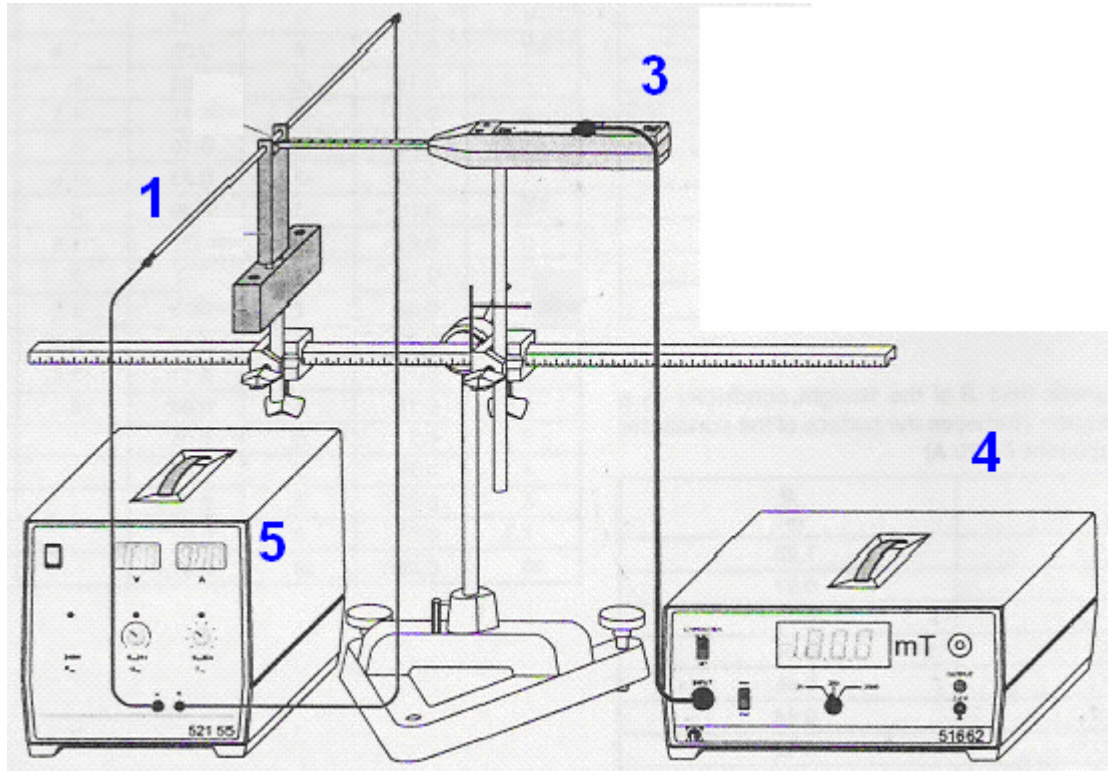
1. Juego de 4 conductores de corriente 516235
2. Sonda axial B 51661
3. Sonda Tangencial B 51660
4. Teslametro 51662
5. Fuente de alimentación de gran amperaje 52155

### Descripción del montaje

#### A. Para medición sobre alambre conductor

Sobre el alambre conductor se hace circular una corriente por medio de la fuente 20 A, se utiliza la sonda tangencial B, y se ubica de tal manera que la punta de ésta (la cual contiene el transistor de efecto Hall para mediciones de campos magnéticos) quede lo más cerca posible al conductor. La sonda se conecta al teslametro donde se tendrá que ajustar la escala para la medición. (Figura 8)

**Figura 8.** Montaje práctica Ley de Biot-Savart en alambre infinito

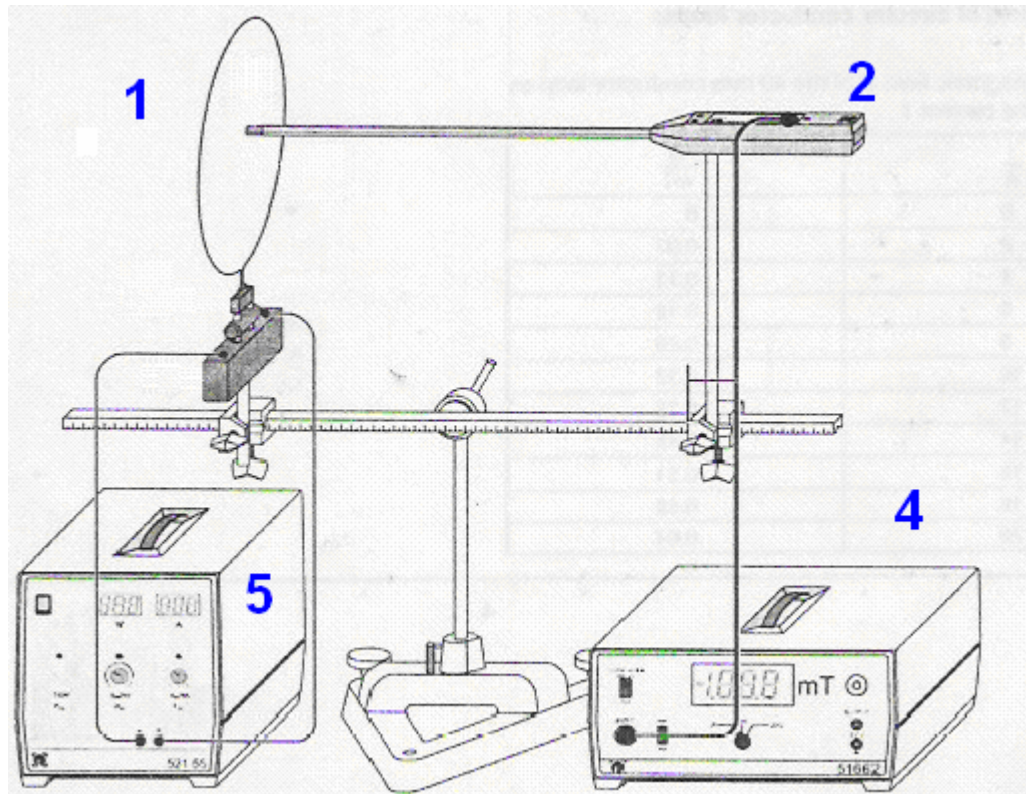


**Fuente:** Manual Leybold.

### **B. Para medición sobre conductor circular cerrado**

Al igual que para la medición sobre el alambre conductor, se hace circular una corriente proveniente de la fuente de 20A a través del lazo, en lugar de la sonda tangencial se hace uso de la sonda axial B, la cual deberá ubicarse lo mas cercana al centro de la espira, los valores de campo serán registrados por medio del teslametro. (Figura 9)

**Figura 9.** Montaje práctica Ley de Biot-Savart en un sobre lazo cerrado



Fuente: Manual Leybold.

### Recomendaciones para el experimento

- Se debe tener especial cuidado de no exponer los conductores por largos periodos a las altas corrientes.
- Se recomienda incrementar la corriente en pasos de máximo 5 A.

## 5.5 INDUCCION ELECTROMAGNÉTICA

### Marco teórico

Voltajes y corrientes que son producto de variaciones en campos magnéticos son llamados inducidos. Cuando un lazo conductor es sometido a un campo magnético a través de este existe un flujo que es:

$$\Phi = BA \text{ [Wb]}$$

Donde A es el área encerrada por el conductor dada en [m<sup>2</sup>], y se encuentra perpendicular al campo magnético B, en el caso de contar con un arreglo de varias vueltas N<sub>1</sub> en el lazo, la expresión de flujo será:

$$\Phi = BAN_1 \text{ [Wb]}$$

Mientras el campo no cambie, el flujo permanecerá constante, en cambio cuando se presenta una variación en el campo magnético y en el flujo que rodea la bobina, se induce un voltaje en esta, según la ley de Faraday este voltaje será:

$$U = -\frac{\partial\Phi}{\partial t} \text{ [V]}$$

De esta manera se obtiene una expresión para el voltaje inducido en función del campo magnético.

Para la práctica se busca inducir un voltaje sobre una bobina rectangular a partir de un flujo cambiante por la corriente en una bobina cilíndrica, gracias a la dependencia del campo respecto a la corriente, se consigue llegar a la expresión:

$$U = \frac{\partial I}{\partial t} \frac{\mu_0 \cdot AN_2N_1}{L} \text{ [V]}$$

### **Equipo a utilizar**

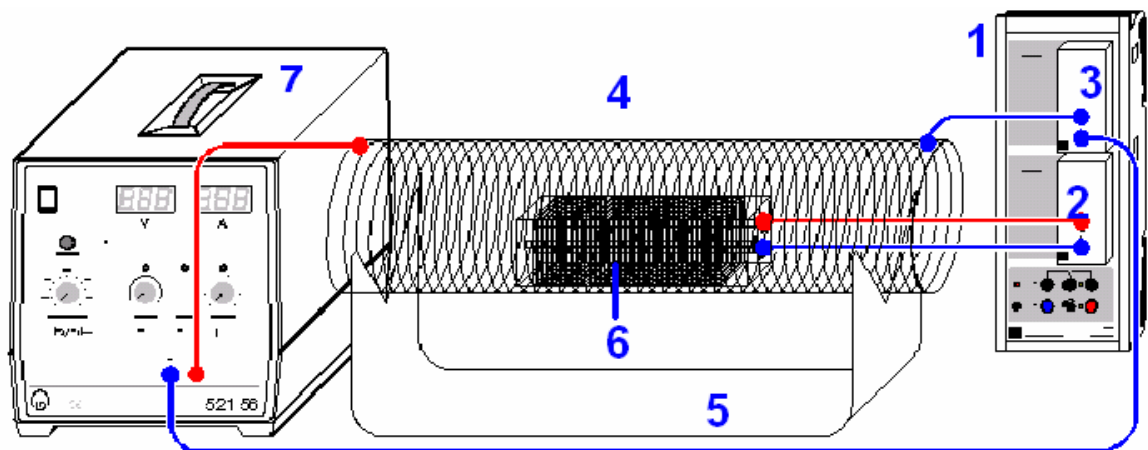
1. Sensor-CASSY 524010
2. Unidad  $\mu$ V524040

3. Unidad 30-A 524043
4. Bobina de excitación, d = 120 mm 516244
5. Soporte para bobinas y tubos 516249
6. Juego de 3 bobinas de inducción 516241
7. Fuente de alimentación de forma de onda triangular 52156

### Descripción del montaje

Se conecta en serie la bobina, la fuente de alimentación de onda triangular y la unidad de 30 A, la cual va a la entrada A del sensor Cassy, de esta manera se logra muestrear la variación de corriente de la fuente respecto al tiempo, logrando así una variación del campo presentado en la bobina. El voltaje inducido será registrado por medio de las bobinas de inducción y a través de la unidad de  $\mu\text{V}$  en la entrada B del sensor Cassy. (Figura 10)

**Figura 10.** Montaje práctica inducción electromagnética



**Fuente:** Manual Leybold.

## **Recomendaciones para el experimento**

- Se recomienda realizar el experimento con el total de bobinas de inducción para un análisis mas detallado de los resultados obtenidos.
- Cumplir con las normas de seguridad que posea la fuente de alimentación de forma triangulare descritas en el anexo C referente al manejo de los equipos.
- El experimento se puede llevar a cabo reemplazando la fuente de alimentación triangular por el power cassy, y en caso de presentar efectos indeseados en el voltaje inducido se deben contrarrestar con cargas resistivas.
- Se recomienda realizar registro de mediciones automático, la selección de una señal trigger para inicio de la toma de datos por medio del voltaje inducido queda a opción de quien se encuentre realizando la experiencia.

## **5.6 HISTERESIS FERROMAGNÉTICA**

### **Marco teórico**

Los materiales ferromagnéticos presentan en cada uno de sus átomos un momento dipolar relativamente grande a causa de los momentos de espin del electrón no equilibrados. La acción de fuerzas internas realizan un reagrupamiento de estos momentos y conforman sectores alineados llamados “dominios”. Dentro del material en los dominios, los momentos varían de dirección generando un momento magnético total nulo. Al presentarse un campo externo, los dominios con dirección al campo aplicado se intensifican, aumentando el campo interno al punto de superar el externo, al retirar el campo externo la estructura permanece con un remanente de campo dipolar. A este fenómeno, de remanencia de campo aun después de quitar la fuente que lo genero se le conoce como “Histéresis”.

En el experimento, se busca representar este fenómeno por medio de variables proporcionales a la intensidad de campo y la densidad de flujo magnético, estas

son: Corriente primaria  $I = L/N_1 \cdot H$  y el flujo magnético  $\Phi = N_2 \cdot A \cdot B$  a través de la bobina secundaria ( $N_2$ : número de espiras de la bobina secundaria;  $A$ : Sección transversal del material ferromagnético). El flujo magnético  $\Phi$  se calcula como la integral de la tensión inducida  $U$  en la bobina secundaria.

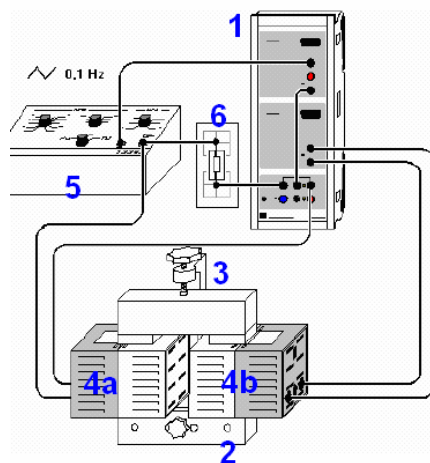
### Equipo a utilizar

1. Sensor-CASSY 524010
2. Núcleo en U con yugo 56211
3. Dispositivo de sujeción 56212
4. Bobinas con 500 espiras 56214
5. Generador de funciones S12 522621
6. Resistencia STE,  $\tilde{}$ , 2 W 57719

### Descripción del montaje

Se conecta el generador de funciones al primario del transformador, pero antes de eso se lleva a la entrada A del sensor Cassy por medio del relé y la resistencia, de esta manera se registrará la corriente que entregue el generador. En la entrada B se sensorá el voltaje inducido en el secundario del transformador. (Figura 11)

**Figura 11.** Montaje práctica histéresis ferromagnética



Fuente: Manual Leybold.

## Recomendaciones para el experimento

- Es importante mantener un control sobre la corriente que pasa a través del relé acorde a las características técnicas enunciadas en el Anexo C.
- Se debe crear una magnitud que sea la integral temporal del voltaje inducido, que representara el flujo a través de la bobina secundaria, en la visualización se debe representar una grafica de flujo contra corriente.

## 5.7 MEDICIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

### Marco teórico

Cuando un lazo circular de inducción con N espiras y radio R, rota en un campo magnético homogéneo alrededor de su diámetro como eje y, a una velocidad angular constante  $\omega$ , se induce en este un flujo:

$$\Phi(t) = N\pi R^2 B_{\perp} \cos(\omega t) \text{ [Wb]}$$

Donde  $B_{\perp}$  es la componente efectiva del campo perpendicular al eje de rotación, el campo magnético se puede entonces determinar a través de la amplitud del voltaje inducido.

$$U_0 = N\pi R^2 B_{\perp} \omega \text{ [V]}$$

Finalmente se tiene que las ecuaciones para la magnitud del campo magnético de la tierra, y su ángulo serán:

$$B_e = \frac{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}{2a^2} \text{ [T]}$$

$$\tan \Psi = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2}{2U_z^2}} \quad [\text{Grados}]$$

El valor de  $a$  se obtiene a partir de:

$$a = \frac{2\pi^2 \cdot N \cdot R^2}{T} \quad [\text{m}^2/\text{s}]$$

Siendo  $N$  el número de espiras de la bobina,  $R$  el radio en metros [m], y  $T$  el período de rotación del motor.

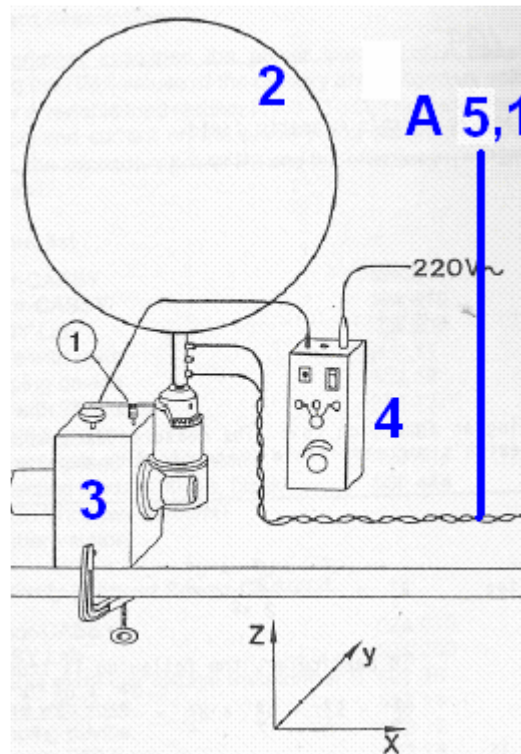
### **Equipo a utilizar**

1. Sensor Cassy 524010 (No mostrado en la figura)
2. Par de bobinas de Helmholtz 55506
3. Motor de experimentación, 60W 34735
4. Aparato de mando 34736
5. Unidad  $\mu\text{V}$  524040 (No mostrado en la figura)

### **Descripción del montaje**

Se monta una de las bobinas sobre el motor, y se mide sobre esta el voltaje inducido al hacer girar el motor a una velocidad angular  $\omega$  constante, por medio de la unidad de  $\mu\text{V}$ . (Figura 12)

**Figura 12.** Montaje práctica medición del campo magnético de la tierra



**Fuente:** Manual Leybold.

### **Recomendaciones para el experimento**

- Seleccionar el eje de coordenadas, de tal manera que sea fácil la manipulación del motor, de esta manera se logran las tres componentes necesarias para el cálculo del campo. ( $U_x, U_y, U_z$ ).
- Para cada uno de los tres ejes manejar la misma frecuencia de rotación, una vez seleccionada con el aparato de mando puede manipularse el arranque y la dirección de giro sin necesidad de modificar la frecuencia.
- Realizar el experimento alejado de fuentes que pudiesen crear campos magnéticos, los cuales pudiesen interferir con la medición.

## 5.8 DETERMINACIÓN DE LA CARGA ESPECÍFICA DEL ELECTRÓN

### Marco teórico

La masa  $m_e$  del electrón se puede determinar fácilmente a partir de la carga específica del electrón  $\epsilon$  dada por:

$$\epsilon = \frac{e}{m_e} \quad (1) \text{ [As/Kg]}$$

Donde  $e$ , es la carga del electrón dada en Coulomb [C].

Un electrón que se mueve a una velocidad  $v$  perpendicular a un campo magnético homogéneo, experimentará la fuerza de Lorentz:

$$F = e(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (2) \text{ [N]}$$

La fuerza centrípeta que experimenta a lo largo de un radio  $r$  será:

$$F = \frac{m_e v^2}{r} \quad (3) \text{ [N]}$$

En la practica los electrones son acelerados en un tubo de rayos por un potencial  $U$ . Luego de trabajar con las expresiones 1, 2,3 obtenemos:

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U}{(Br)^2}$$

De ésta manera, conociendo el potencial de excitación, la densidad de campo que le rodea y el radio de rotación de los electrones se podrá determinar la carga específica del electrón.

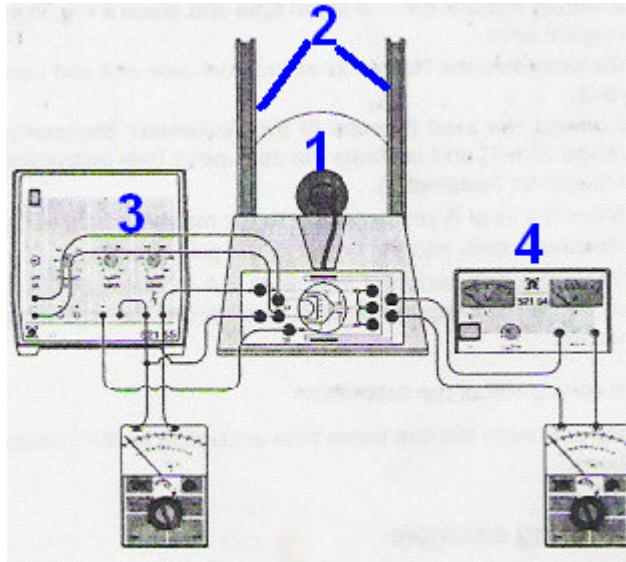
## **Equipo a utilizar**

1. Tubo de rayo electrónico filiforme 555571
2. Bobinas de Helmholtz 555581
3. Fuente de alimentación para tubos 0-500V 52165
4. Fuente de alimentación de CC 0-16V, 5A 521545
5. Teslametro 51662
6. Sonda axial B 51661

## **Descripción del montaje**

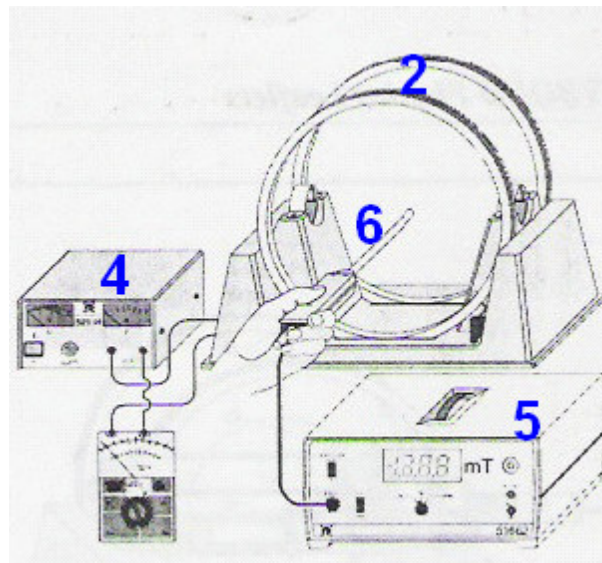
Se conecta la salida de 6,3 V de la fuente de alimentación para tubos a los sockets respectivos que se hallan en el soporte del tubo, se cortocircuita el polo positivo de la salida de 50 V con el polo negativo de la salida de 500 V de la misma fuente, una vez hecho esto esta conexión se envía al cátodo (-) del tubo, ubicado en el soporte. El ánodo (+) del tubo se conecta al polo positivo de la salida de 500 V, por ultimo la salida negativa de 50 V se conecta al socket W del panel donde se encuentra el tubo. Los 3 pines alineados a la derecha del soporte visto de frente se cortocircuitan. Para la generación del campo se utiliza la fuente de alimentación de CC, la cual se conecta en los sockets más hacia la derecha del soporte. (Figura 13)

**Figura 13.** Montaje práctica determinación carga específica del electrón



**Fuente:** Manual Leybold.

**Figura 14.** Montaje para medición del campo en el experimento



**Fuente:** Manual Leybold.

## Recomendaciones para el experimento

- Ubicar multímetros que permitan el registro del potencial  $U$  y la corriente que alimenta las bobinas para el posterior cálculo del campo generado.
- Ante el manejo de alto voltaje, verificar las conexiones antes de activar las fuentes.
- La definición del rayo se ajusta a través del voltaje que ingresa por el socket  $W$ , este varía de 0-10V
- Si ante la presencia del campo los electrones se no se deflejan hacia el interior del tubo, debe intercambiarse la conexión de la fuente para cambiar la dirección del campo.
- El ajuste del campo puede efectuarse antes de montar el tubo sobre el soporte, por medio del teslametro. (Figura 14)

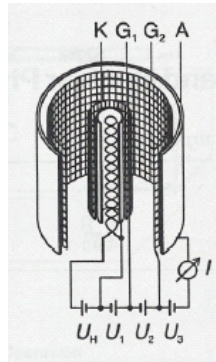
## 5.9 EXPERIMENTO DE FRANCK-HERTZ

### Marco teórico

En 1914 James Franck y Gustav Hertz observaron una pérdida de energía en distintos pasos del recorrido de electrones a través de vapor de mercurio, y la correspondiente emisión de luz ultravioleta de mercurio. El experimento de Franck-Hertz es una vía de confirmación de la teoría cuántica.

Para esto, átomos de mercurio son mantenidos en un tubo a una presión de 15hPa, la cual se mantiene constante gracias a un control de temperatura. Los electrones son emitidos por calentamiento del electrodo en forma de nube cargada. Estos electrones son atraídos por el potencial  $U_1$  entre el cátodo y la grilla  $G_1$ . La emisión de corriente es independiente del voltaje de aceleración  $U_2$ , entre las grillas  $G_1$  y  $G_2$ . Solo los electrones con suficiente energía cinética alcanzarán el electrodo colector para generar corriente en éste. (Figura 15)

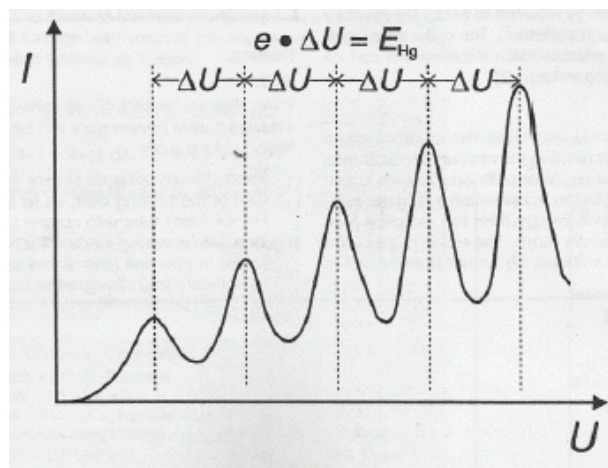
**Figura 15.** Diagrama esquemático del tubo de neón



**Fuente:** Manual Leybold.

En el experimento el voltaje de aceleración  $U_2$  se incrementa de 0-30 V, mientras que los voltajes  $U_1$  y  $U_3$  se mantienen constantes. Un registro de la corriente del colector, mostrará un incremento en su valor hasta un máximo, punto donde la energía cinética de los electrones cercanos a  $G_2$  solo es suficiente para transferir la energía requerida para la excitación de los átomos de mercurio ( $E_{Hg} = 4,9\text{eV}$ ) a través de choques. La corriente luego de esto cae dramáticamente pues los electrones no logran alcanzar el voltaje  $U_3$ . (Figura 16)

**Figura 16.** Gráfica que confirma el experimento de Franck-Hertz



**Fuente:** Manual Leybold.

## **Equipo a utilizar**

1. Sensor Cassy 514010 (No mostrado en la figura)
2. Tubo de Franck-Hertz 55585
3. Horno eléctrico tubular 115V 55581
4. Unidad operativa para tubo de Franck-Hertz 55588
5. Sonda de temperatura NiCr-Ni 666193

## **Descripción del montaje**

Conectar el sensor de temperatura al punto **b**, de manera que se pueda visualizar la temperatura que existe dentro del horno. Al punto **c**, se conecta el tubo de mercurio. Para la visualización de los resultados, con la ayuda del sensor Cassy se toman las salidas UA y UB/10 de la unidad operativa y se llevan a las entradas A y B del sensor. (Figura 17)

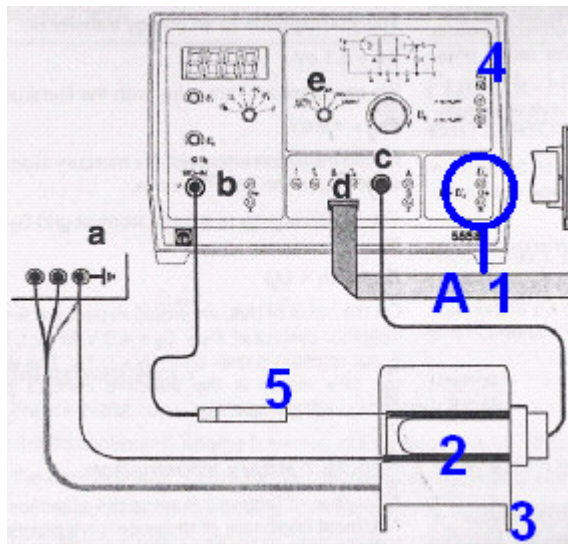
## **Recomendaciones para el experimento**

- Conectar el horno a los sockets de seguridad que se encuentran en la parte posterior de la unidad operativa.
- El tubo de mercurio se inserta en el horno por medio de un casquillo, que finalmente será el que genere el calentamiento.
- La temperatura por defecto es 180°C
- Inicialmente ajustar U1 y U3 a 1.5 V.
- Si la curva se incrementa muy lentamente, el límite de corriente se alcanzara mucho antes del valor de 30 V en U2, para evitar esto se debe reducir U1, hasta que se presente la oscilación hasta el final.
- Si el valor de corriente es muy pequeño, se deberá incrementar U1 hasta un máximo de 4,8 V, si a pesar del ajuste se mantiene la corriente entonces se

intentara corregir reduciendo el valor de temperatura.

- Si la grafica no muestra un valor de máximo y mínimo bien definido o si esta se muestra muy abajo, se procede a variar  $U_3$  hasta un máximo de 4,5 V, y luego de modificar esta magnitud se procede con  $U_1$ , hasta obtener una curva similar a la mostrada en la figura 15.
- Las anteriores recomendaciones aplican para el tubo de neon.

**Figura 17.** Montaje práctica experimento Franck-Hertz



**Fuente:** Manual Leybold.

## 5.10 PRÁCTICAS CON TRANSFORMADORES

### Marco teórico

Como se sabe un transformador induce un voltaje desde el primario al secundario, la relación de inducción para voltajes cuando el secundario esta en circuito abierto, y la relación de corrientes para corto circuito están dadas por:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Estas expresiones aplican para un transformador sin carga, cuando éste se halla con carga es necesario efectuar análisis de circuitos para determinar los valores reales. Si bien teóricamente la potencia en el primario debe ser igual a la del secundario, en la práctica se presentan pérdidas en el núcleo por calentamiento, para determinar que tan eficiente es la transmisión de potencia de primario a secundario se aplicara el parámetro de eficiencia como:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

La eficiencia ideal sería 1, donde se las potencias de primario y secundario serian iguales, valores de eficiencia por debajo de uno indican pérdidas en el proceso de transferencia de potencia.

### **Equipo a utilizar**

1. Power-CASSY 524011
  2. Sensor-CASSY 524010
  3. Núcleo en U con yugo 56211
  4. Bobinas con 250 espiras 56213
  5. Reóstato de 100 W 53734
- Transformador para prácticas 562801 (Opcional)

## **Descripción del montaje**

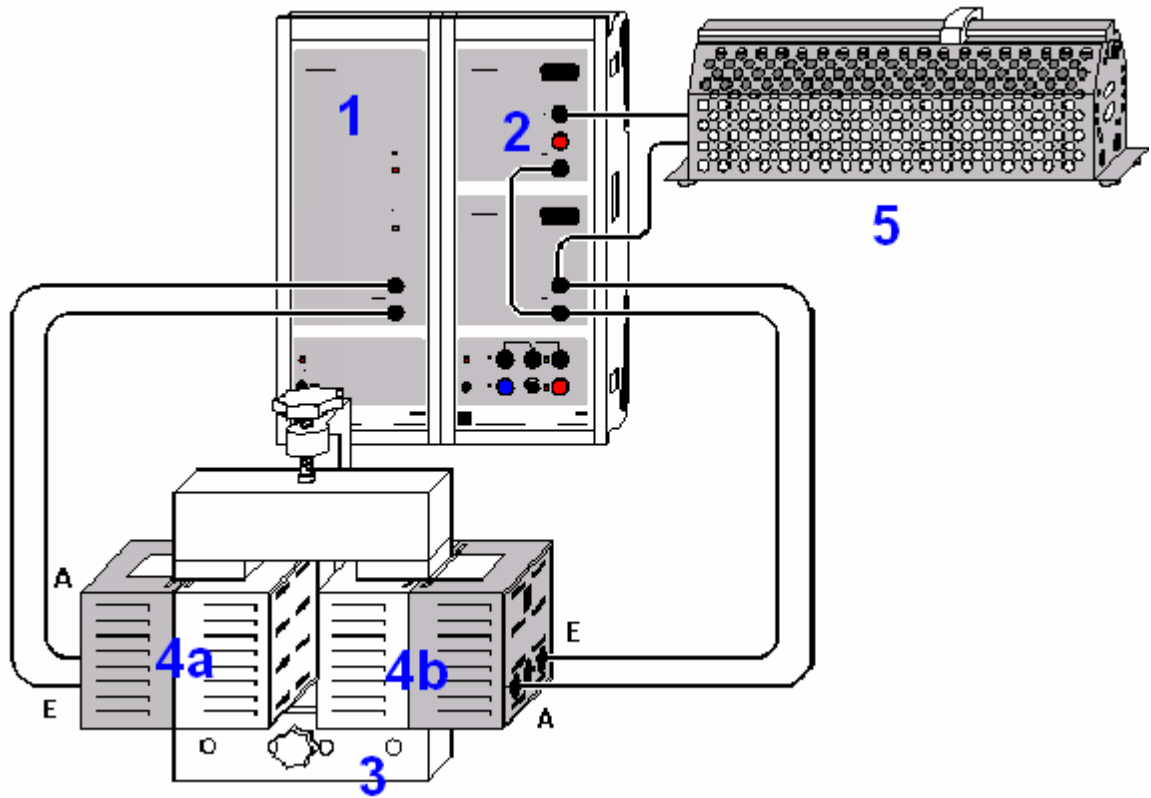
Con el equipo señalado es posible realizar la práctica tanto con el transformador para prácticas como con el transformador formado por las bobinas de 250 espiras. Para comprobar el funcionamiento sin carga del transformador, basta con conectar el power cassy al primario del transformador, este se deber programar para que actué como fuente sinusoidal de aproximadamente 6 V pico. El secundario se conecta a una de las entradas del sensor cassy según sea la medición. (Entrada A para corriente, Entrada B ó A para voltaje).

Para el análisis del transformador con carga, se debe al igual que en el primer caso alimentar al primario del transformador por medio del power cassy, mientras que en el secundario se ha de conectar el reóstato del secundario hasta la entrada A del sensor, de manera que se pueda registrar el valor de corriente, a la entrada B se conecta en paralelo la salida del secundario para registrar el valor del voltaje inducido. (Figura 18)

## **Recomendaciones para el experimento**

- Para medición de corriente sin carga, hacer un estimado de la corriente que podría presentarse en el secundario antes de intentar graficarla con el sensor cassy, pues un exceso de corriente puede afectar el sensor.
- Si se desea para el manejo sin carga se puede hacer uso de los multímetros en lugar del sensor.

**Figura 18.** Montaje práctica con transformadores



**Fuente:** Manual Leybold.

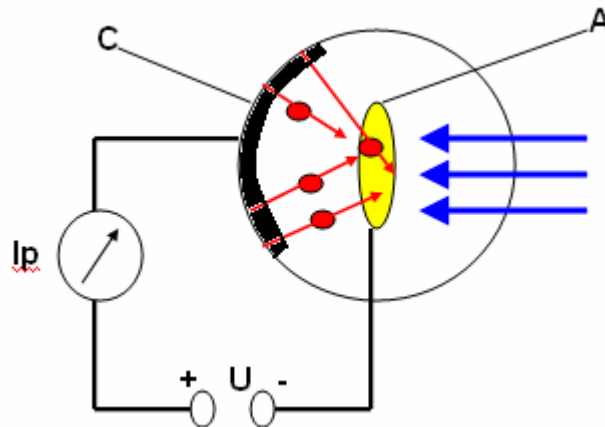
## 5.11 CONSTANTE DE PLANCK

### Marco teórico

Los electrones pueden ser liberados desde la superficie de un metal a partir de la radiación con luz (efecto fotoeléctrico), el número de electrones depende de la intensidad del rayo incidente. Si la luz se considera como un rayo de fotones y se asume que cada fotoelectrón es liberado por un foton individual, se puede considerar que la energía de cada uno será,  $hf$ .

Cuando en el experimento la luz golpea la fotocelda, los fotoelectrones alcanzan el ánodo y una fotocorriente  $I_p$  es medida, ésta corriente decrece si son dejados contra el ánodo negativo del voltaje  $U$  (Figura 19).

**Figura 19.** Esquema que demuestra el efecto fotoeléctrico



**Fuente:** Autor.

La corriente tiende a llegar a cero cuando los electrones no alcanzan a sobrepasar el potencial  $U$  y por tanto no logran llegar al ánodo. Si la frecuencia de la luz incidente se incrementa en un  $\Delta f$ , la energía del electrón se incrementará en la misma proporción, al igual que el potencial  $U$ , para éste nuevo valor de  $U$  la emisión de electrones es nula.

La siguiente relación es aplicada al momento de analizar resultados durante la práctica:

$$\frac{\Delta U}{\Delta f} = \frac{h}{e}$$

De esta manera conociendo la carga  $e$  del electrón podemos determinar la constante de Planck  $h$ .

## Equipo a utilizar

Célula fotoeléctrica 55877

Dispositivo compacto 55879

Lámpara de mercurio de alta presión 45115

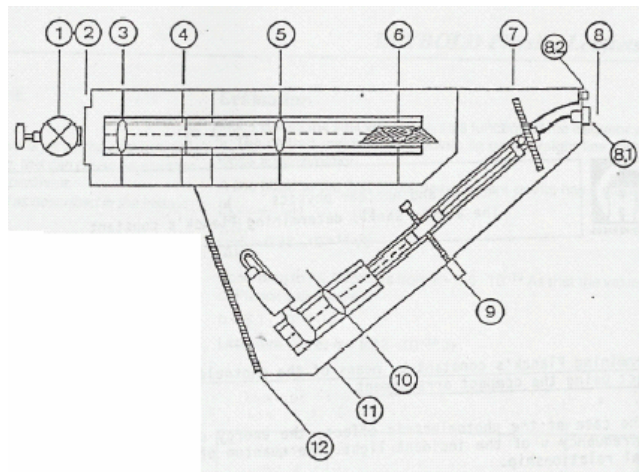
Bobina universal de reactancia 43133

Amplificador de electrómetro 53214

## Descripción del montaje

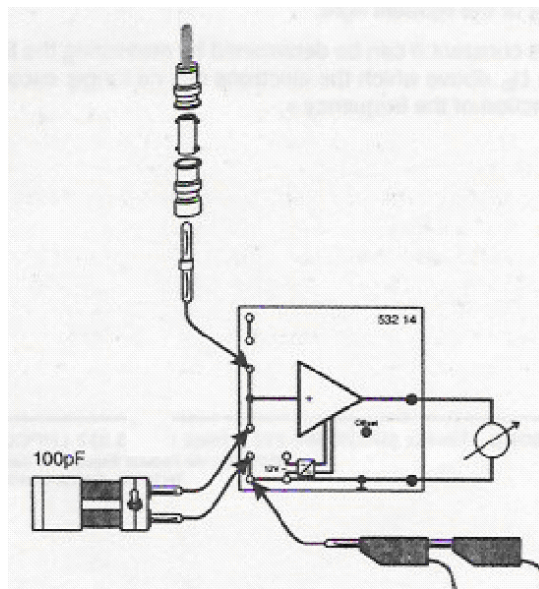
Lo primero que debe hacerse es ajustar la lámpara de mercurio a la entrada del dispositivo compacto (1), la salida debe cubrirse con papel blanco con el fin de poder apreciar las diferentes tonalidades (12). Una vez realizado estos dos ajustes, se debe llevar un haz de luz desde 1 hasta la célula fotoeléctrica(11), este ajuste se debe realizar ajustando los elementos que se encuentran en la trayectoria del rayo de luz (lente convergente(3), rejilla(4), lente de imagen(5), prisma(6), espejo(7), perilla de ajuste para la célula(9), lente con diafragma(10)), sobre la célula debe proyectarse una línea espectral por medio del lente con diafragma(10). (Figura 20)

**Figura 20.** *Dispositivo compacto*



**Fuente:** Manual Leybold.

**Figura 21.** Configuración del amplificador para la medición



**Fuente:** Manual Leybold.

### **Recomendaciones para el experimento**

- Realizar los ajustes en un cuarto oscuro, de manera que sea fácil seguir el trayecto de la luz proveniente de la lámpara.
- Se debe mantener cuidado con la lámpara, pues esta se calienta a unos 200 °C y puede causar quemaduras.
- Asegúrese que sobre la célula sólo incida un color, pues de lo contrario los resultados obtenidos pueden ser incoherentes.

## 6. CONCLUSIONES

- Se realizó un documento que servirá de guía a los futuros compradores de laboratorios de física de ICL DIDACTICA LTDA. En el documento se encuentran elementos para la realización de las prácticas, recomendaciones para la puesta en marcha del laboratorio, y herramientas para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo sobre cada uno de los equipos electrónicos que se encuentran dentro del laboratorio.
- Con el documento realizado se busca que por medio de la implementación de las recomendaciones de uso de los equipos, éstos superen su vida útil, y brinden óptimos resultados al operador de los mismos.
- Se brindó asesoría a las Unidades Tecnológicas de Santander en el manejo de los equipos del laboratorio adquirido, en una posible estructura para la puesta en marcha, y en el desarrollo de las prácticas.
- Es muy importante que se vea en las ventas de equipos electrónicos un campo donde el ingeniero está en la capacidad y obligación de brindar un acompañamiento constante a sus posibles compradores. Para lograr este fin es necesario contar con el conocimiento de los temas tratados en los laboratorios que se ofrecen, igualmente se deben manejar claramente los conceptos de mantenimiento, y todas la herramientas teóricas en el campo de la electrónica que lleven al desarrollo de planes para ser implementados en cada uno de los equipos.
- La práctica con ICL DIDACTICA LTDA, me brindó la oportunidad de conocer el funcionamiento interno de una empresa, así como el poder explorar uno de los campos de acción del ingeniero electrónico.

- Cumpliendo con los objetivos del proyecto, se le brindó a ICL DIDACTICA LTDA, un documento con el que se satisfacen sus necesidades de ofrecer a sus compradores manuales para el cuidado de sus equipos, así como para el manejo de las prácticas.

## RECOMENDACIONES

- Es importante contar con una base de datos, que contenga todas las anomalías presentadas por cada uno de los equipos, esto facilitará la implementación de medidas curativas.
- La documentación realizada, debe ser ofrecida a los que en un futuro adquieran un conjunto de equipos como el que fue analizado, y debe almacenarse en los archivos de ICL DIDACTICA. de manera que ésta puede actualizarse con el tiempo.
- Se recomienda que las prácticas para este laboratorio en especial se realicen en grupos de máximo 3 personas, y que el tiempo de duración sea de máximo dos horas.
- Siendo Cassy Lab la herramienta de software más importante dentro del laboratorio, se recomienda a ICL DIDÁCTICA LTDA. hacer entrega de la documentación contenida en el anexo A a sus compradores.

## BIBLIOGRAFIA

- AUSUBEL, HANESIAN y NOVAK. Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. México : Ed. Trillas. 1983. 2 ed. p. 328.
- DIAZ BARRIGA, Frida, HERNANDEZ ROJAS, Gerardo. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo : una interpretación constructivista. México, McGraw-Hill, 2001. 2 ed. 465 p.
- HAYT, William H., Teoría electromagnética, Quinta edición, México, McGraw-Hill, 1999, 525 p.
- LEYBOLD DIDACTIC, Manuales.

## REFERENCIAS DE INTERNET

- ✓ [www.AdolfoAudisio.com.ar](http://www.AdolfoAudisio.com.ar)
- ✓ [http://www.leybold-didactic.com/data\\_e/index.html](http://www.leybold-didactic.com/data_e/index.html).
- ✓ <http://www.monografias.com/trabajos15/mantenimientoindustrial/mantenimiento-industrial.shtml>.
- ✓ [www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com)

## ANEXO A. CASSY LAB

Cassy Lab es la herramienta software que permite la visualización en pantalla de los resultados obtenidos durante el desarrollo de las prácticas por intermedio del sensor Cassy y su respectivo transductor. Para la instalación del software basta con insertar el CD y automáticamente se iniciará la instalación, ó por medio del archivo **autorun.exe** que esta contenido en el CD.

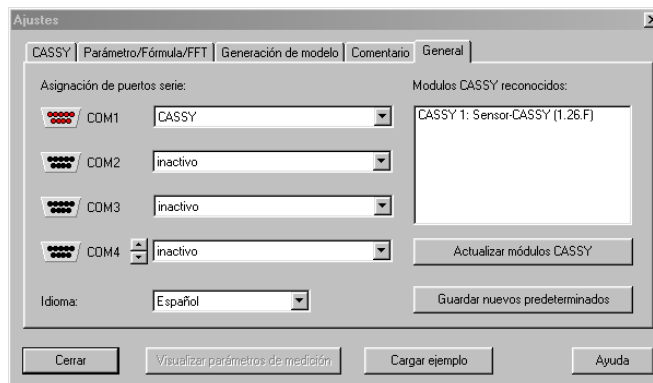
Una vez instalado el programa pedirá un código de desbloqueo que se otorga a los compradores, y que permite libertad absoluta en el manejo del software, de lo contrario solo se podrá hacer uso del mismo por 20 veces.

Cassy Lab permite el uso de uno o varios sensores cassy en cascada (hasta 8), a través del puerto USB o serie del computador.

### A.1. CONFIGURACIÓN ANTES DE LA TOMA DE MEDIDAS

Una vez ha sido conectado el sensor Cassy al PC por medio del puerto USB o serie, una vez se inicia Cassy Lab, éste automáticamente despliega la ventana de ajustes, la cual también puede ser abierta por medio de la tecla de función F5, y en donde se evidenciará el reconocimiento del sensor por parte del computador.

**Figura A. 1.** *Ventana desplegada en la pestaña general*



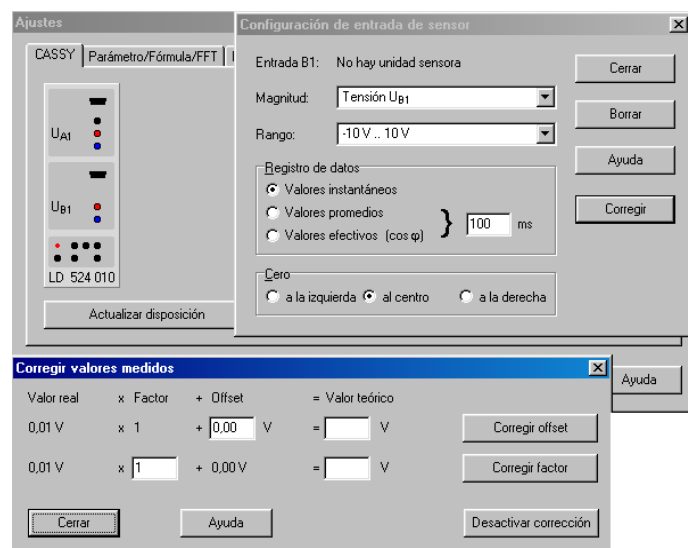
**Fuente:** Cassy Lab

En la pestaña **General** se podrán ver el sensor o los sensores que se encuentran conectados y listos para su funcionamiento, además de la versión de firmware con que cada uno cuenta, es importante que cuando se actualice el software, se actualice igualmente el sensor Cassy, esta actualización se realiza de manera automática o manual oprimiendo **Actualizar módulos CASSY**.

Una vez reconocido el sensor, en la pestaña **CASSY** se observa la configuración actual del Cassy, es decir se detectan las entradas de medición con que cuenta el dispositivo y desde allí se podrán configurar características de la medición propias al sensor que se halle en cada uno de los canales de entrada del Cassy, para esto basta con hacer click sobre la entrada que se desee configurar.

Por defecto sin tener ninguna unidad sensora en las entradas del Cassy, se pueden realizar mediciones de corriente o voltaje en la entrada A, y voltajes en la entrada B. Bajo esta configuración se puede realizar ajustes en el rango, la característica para la adquisición de datos, la ubicación del cero de la escala seleccionada, y correcciones de offset a las diferentes entradas con el fin de obtener resultados mas acertados.

**Figura A. 2.** Ventana desplegada por las entradas del sensor.



Fuente: Cassy Lab

La pestaña **Parámetro/Formula/FFT** (Figura A.3) permite al usuario la creación de magnitudes, que pudiesen ser constantes para un proceso, dependientes de las variables de entrada o producto de una fórmula que interrelacione unas con otras.

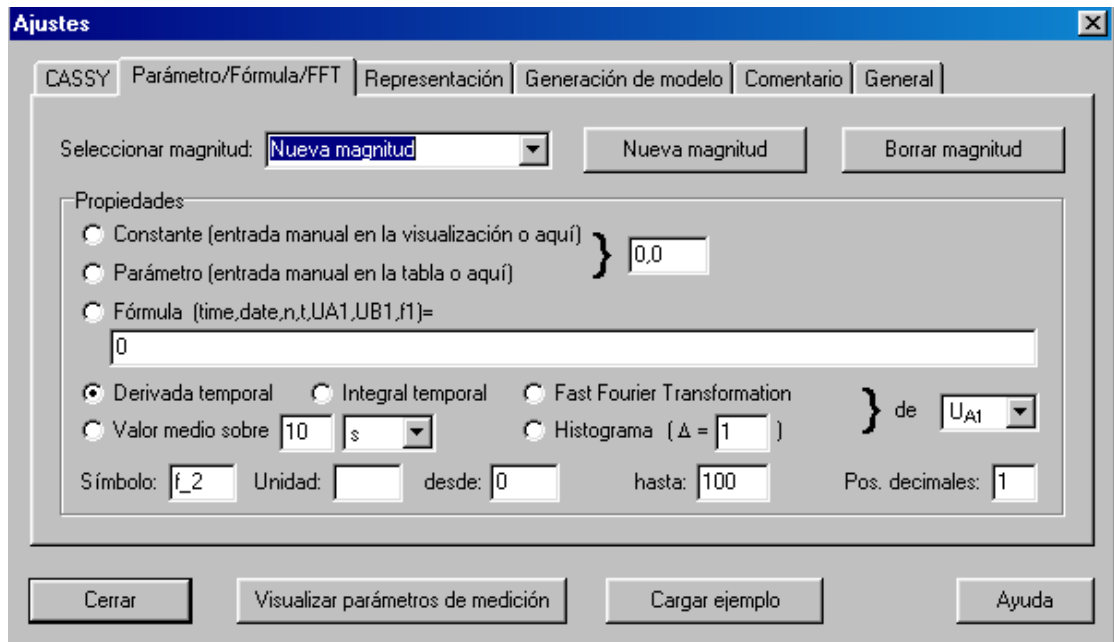
En esta ventana también se pueden llevar a cabo derivadas temporales, integraciones, transformada rápida de Fourier, histogramas, y el cálculo del valor medio sobre un intervalo dado, todas estas funciones se realizan sobre una serie de datos adquiridos desde el sensor o sobre magnitudes que previamente se hallan creado. Durante el proceso de creación de magnitudes, es importante la asignación de símbolo y la unidad sobre la cual se va a trabajar.

En el trabajo con fórmulas es importante tener conocimiento de las asignaciones permitidas por el software, algunas de estas son:

<b>ramp</b>	Rampa (diente de sierra entre 0 y 1, $\text{ramp}(x) = \text{frac}(x)$ )
<b>square</b>	Rectangular (entre 0 y 1, $\text{square}(x) = \text{ramp}(x) < 0.5$ )
<b>saw</b>	Triangular (entre 0 y 1)
<b>shift</b>	Rampa única (es 0 si el argumento $< 0$ , 1 si el argumento $> 1$ , sino es igual al argumento)
<b>sin</b>	Seno en grados (periodo de $360^\circ$ )
<b>cos</b>	Coseno en grados (periodo de $360^\circ$ )
<b>tan</b>	Tangente en grados (periodo de $360^\circ$ )
<b>arcsin</b>	Arco-seno en grados
<b>arccos</b>	Arco-coseno en grados
<b>arctan</b>	Arco-tangente en grados
<b>rsin</b>	Seno en radianes (periodo $2\pi$ )
<b>rcos</b>	Coseno en radianes (periodo $2\pi$ )
<b>rtan</b>	Tangente en radianes (periodo $2\pi$ )
<b>rarcsin</b>	Arco-seno en radianes
<b>rarccos</b>	Arco-coseno en radianes

<b>rarctan</b>	Arco-tangente en radianes
<b>random</b>	Número aleatorio ( $0 \leq \text{random}(x) < x$ )
<b>sqr</b>	Raíz cuadrada
<b>exp</b>	Función exponencial
<b>ln</b>	Logaritmo natural
<b>log</b>	Logaritmo decimal
<b>int</b>	Función entero (el número entero más próximo)
<b>frac</b>	Función fracción (distancia al número entero más próximo)
<b>abs</b>	Valor absoluto
<b>sgn</b>	Signo (es 1 si el argumento $> 0$ , es -1 si el argumento $< 0$ , es 0 si el argumento = 0)
<b>not</b>	Inversión lógica (es 1 si el argumento es igual a 0, de otro modo es 0)

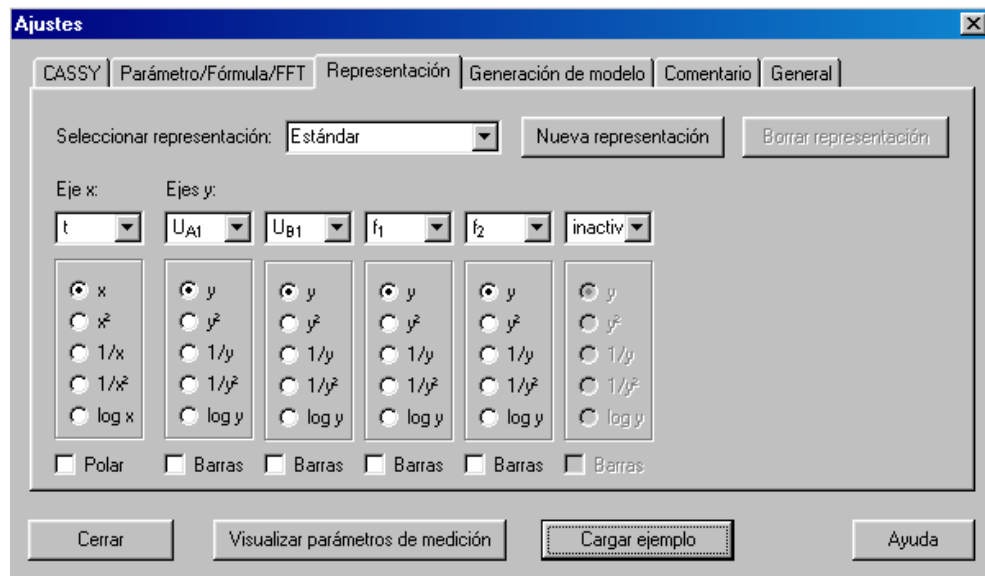
**Figura A. 3.** Ventana desplegada en la pestaña Parámetro/Formula/FFT



Fuente: Cassy Lab

La pestaña **Representación**, es la que permite la asignación de ejes para la visualización de resultados, en esta se pueden asignar varias magnitudes para ser vistas sobre la misma gráfica o se pueden crear nuevas pantallas de visualización por medio del icono **Nueva Representación**. (Figura A.4)

**Figura A. 4.** Ventana desplegada en la pestaña representación



**Fuente:** Cassy Lab

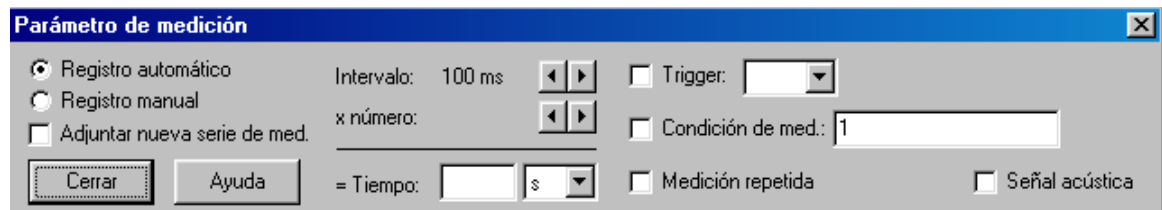
## A.2. INICIANDO LA TOMA DE MEDIDAS

Para la toma de medidas, lo primero es dar click sobre el icono **Visualizar parámetros de medición** que se encuentra dentro de la ventana de ajustes, una vez hecho se podrá seleccionar entre **Registro automático** ó **Registro manual** (Figura A.5). Con el registro automático, se puede seleccionar el momento de inicio de toma de datos mediante una señal de Trigger, o bien condicionar el inicio con un determinado valor dentro del registro. Igualmente se podrá seleccionar el intervalo de toma de datos y el tiempo total de adquisición. Con la opción **Registro manual**, la toma de datos se lleva a cabo por el usuario en el momento que éste

desea por medio del icono respectivo o la tecla **F9**, en este caso solo se registrará una línea de datos.

Con la opción **Adjuntar nueva serie de med** cada vez que se realice un registro de datos, estos serán visualizados en la misma pantalla a los realizados previamente, de lo contrario el software elimina los resultados previos y ubica los nuevos en su lugar.

**Figura A. 5.** *Ventana de parámetros de medición*



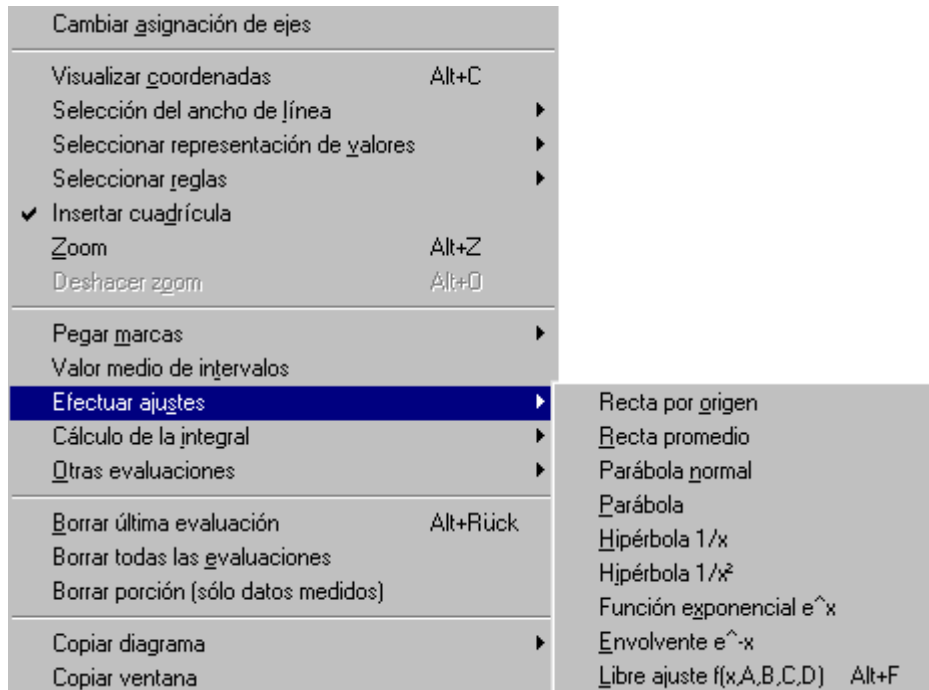
**Fuente:** Cassy Lab

### **A.3. VISUALIZACION Y MANEJO DE RESULTADOS**

Una vez realizado el registro de datos, estos se pueden apreciar de dos formas, en forma de tabla ó por intermedio de una gráfica. En la representación gráfica se cuenta con una serie de opciones que permiten un análisis mas detallado de los resultados obtenidos. Para acceder a este menú dentro de la gráfica, basta con oprimir el botón derecho del mouse sobre la sección que contiene la gráfica, desplegando así opciones para el manejo de la visualización de resultados, como el manejo de ancho de línea, el pegado de marcas verticales u horizontales, texto, el formato de la representación, etc. También se encuentran opciones que permiten la realización de ajustes o cálculos sobre los resultados obtenidos, en estas se incluyen la realización de ajustes (Figura A.6), cálculo de la integral u otro tipo de evaluaciones (Cálculo de la distribución de Poisson, cálculo de la distribución de Gauss, cálculo del centro de gravedad del pico, determinar factor

de forma, determinar ondulación, ajuste con curvas gaussianas, determinación del punto de equivalencia, determinación de la sístole y la diástole). (Figura A.6).

**Figura A. 6. Menú desplegado para ajustes sobre la visualización**



**Fuente:** Cassy Lab

Estos ajustes se pueden realizar sobre toda la gráfica o sobre un sector seleccionado. Cassy Lab permite trasladar las tablas y gráficos a otros programas como Word, y por la forma en que tabula las tablas estas podrían tratarse en programas como Matlab.

#### **A.4. MANEJO DEL RELE, LA FUENTE DEL CASSY Y EL POWER CASSY DESDE CASSY LAB**

Desde Cassy Lab se puede realizar control sobre la fuente y el relé que se encuentran en el sensor Cassy, para éste control se sigue el mismo procedimiento

que se realizó para la configuración de las entradas de datos, una vez allí se podrán seleccionar los tiempos de activación de cada uno de estos.

Para el Power Cassy el manejo es el mismo, y desde el software se podrán realizar ajustes para el manejo del Power Cassy fuente programable.

## A.5. FUNCIONES RÁPIDAS

El software cuenta con una serie de iconos que permiten al usuario llevar a cabo diferentes funciones, a continuación se presentan los iconos, y en la tabla A.1 su función y la tecla asociada (Figura A.7).

**Figura A. 7.** Iconos de funciones dentro de Cassy Lab



Fuente: Cassy Lab

**Tabla A. 1.** Descripción de funciones y teclas asociadas a los iconos

NÚMERO DE ICONO	FUNCIÓN	TECLA FUNCIÓN RÁPIDA
1	Si se oprime una vez borra una medición actual, sin modificar los ajustes previos. Si se oprime dos veces seguidas borra los ajustes realizados.	F4
2	Carga una medición previamente almacenada.	F3
3	Guarda la medición y los ajustes actuales.	F2
4	Imprime el gráfico o la tabla actual según selección del usuario.	---
5	Inicia o detiene una medición de datos.	F9
6	Activa la ventana de ajustes.	F5

<b>7</b>	Sirve para visualizar de manera directa el resultado de ajustes dentro de la gráfica.	<b>F6</b>
<b>8</b>	Despliega las ayudas.	<b>F1</b>
<b>9</b>	Se observan la versión y si está desbloqueado el software.	<b>---</b>
<b>10</b>	Activa o desactiva la visualización de todas las variables del proceso.	<b>F7</b>

**Fuente:** Autor

**ANEXO B. FORMATO DE REGISTRO DE ANOMALIAS DE LOS EQUIPOS**

	<b>FORMATO PARA EL REGISTRO DE ANOMALIAS EN LOS EQUIPOS</b>		<b>HOJA N°</b>
	<b>N° IDENTIFICACIÓN</b>	<b>TIPO EQUIPO</b>	
<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN ANOMALÍA</b>	<b>CONDICIÓN DE TRABAJO</b>	<b>FIRMA</b>

## **ANEXO C. FICHAS TÉCNICAS POR EQUIPO**

### **C.1 OBSERVACIONES GENERALES**

Es importante que conjunto a las recomendaciones realizadas para cada uno de los equipos, tener en cuenta una serie de medidas que de alguna u otra forma ayudaran a la preservación de los bienes, algunas de estas medidas son:

- Se deben guardar en áreas libres de polvo y ventiladas.
- No deben someterse a fuertes impactos.
- Debe evitarse al máximo el derramamiento de líquidos sobre las carcasas.
- Deben utilizarse de manera responsable, y en caso de emplearse para un propósito diferente al propuesto, se debe verificar que se cumplan las recomendaciones expresadas en las fichas técnicas.
- Realizar supervisiones constantes a aquellos equipos que presentan mayor uso dentro del laboratorio, siempre siguiendo las recomendaciones presentadas en este documento.
- Semanalmente se puede hacer una revisión visual sobre el estado de los conectores de todos los equipos.

### **C.2 SENSOR CASSY Y SENSORES ASOCIADOS**

#### **C.2.1 SENSOR CASSY**

Numero de identificación: 524010

Función: Sistema de adquisición de datos. Interfase para el registro.

**Figura C. 1.** *Sensor Cassy*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Posee 2 entradas (A,B) un relé y fuente de tensión.
- Sus sensores presentan Plug & Play.
- Se pueden conectar hasta 8 Cassy en cascada, con lo que se podrían sensar 16 señales al tiempo.
- Se alimenta con 12 V de corriente continua, y un máximo de 1,6 A.
- Las entradas A y B permiten la toma de medida de voltajes de hasta 100 V, y cuenta con una resistencia de  $1M\Omega$  en su entrada.
- La entrada A se puede utilizar para mediciones de corrientes hasta los 3A, su resistencia de entrada es menor de  $0.5 \Omega$ .
- Cuenta con dos entradas analógicas para la conexión de sensores.
- Posee cuatro entradas de timer, con contadores de 32 bits, en los terminales A y B, que manejan una frecuencia máxima de 100kHz, con resolución de 25us.
- El relé de conmutación es de máximo 100V/2A.
- Su salida de tensión es PWM, con salida máxima de 16 V/200mA.

**Recomendaciones:**

- Es posible que un sensor logre alimentar a otro en cascada, sin embargo es recomendable trabajar con adaptadores individuales para cada sensor, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la unidad.
- No intentar alimentar con adaptadores de más de 12V/1.6A.
- Se debe tener especial cuidado al momento de tomar medidas de tensión y corriente, pues una conexión para medida de corriente en la entrada de voltaje puede ser nociva para el equipo.
- Cuando se conecte el sensor al electroimán, es recomendable que la salida de tensión no sea máxima, ya que el consumo de corriente para este caso es de casi 500mA, sobrepasando en más de 2 veces la salida máxima del sensor, por consiguiente se activan protecciones internas que hacen que el dispositivo se apague automáticamente.
- Cuando se trabaje el sensor junto a fuentes de alta tensión, evite ubicarle cerca a las fuentes, pues el Cassy no posee protecciones contra alta tensión.
- Por ser el equipo mas utilizado dentro del laboratorio, se recomienda que por lo menos cada dos semanas se realice una verificación al Cassy. En la verificación es importante llevar a cabo limpieza y una revisión al estado de los conectores debido al sometimiento constante que pueden presentar.

**C.2.2 SENSOR DE FUERZA S,  $\pm 1\text{N}$** 

Numero de identificación: 524060

Función: Sensor para la medición de fuerzas de hasta 1N.

**Características:**

- Mide fuerzas sobre dos direcciones, consta de un elemento de flexión doble formado por 4 galgas extensiométricas conectadas en configuración puente que van a un preamplificador (Figura C.3). Maneja una tensión de salida de  $\pm 1\text{V/N}$ .

- Soporta una carga máxima de  $\pm 2.5\text{N}$ , por compensación.
- Se puede conectar a cualquiera de las entradas del Cassy.
- Error del 1%.

**Recomendaciones:**

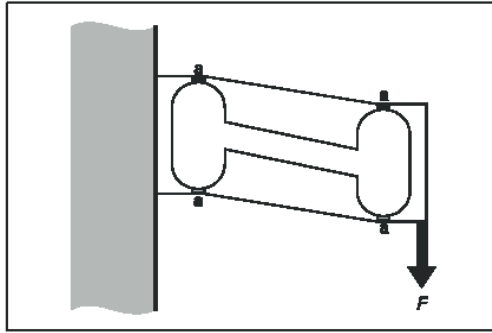
- El sensor no presenta protecciones contra alta tensión, por lo que se recomienda aislarlo de las fuentes de más de 5kV.
- Por su sensibilidad a vibraciones, se recomienda la toma de medidas sobre superficies firmes y lejos de fuentes de vibración.
- Para su verificación se recomienda hacer uso de los dinamómetros de precisión que se encuentran dentro del laboratorio, de esta manera con una fuerza aplicada conocida se puede determinar el error que el equipo produce.

**Figura C. 2.** *Sensor de fuerza*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Figura C. 3.** *Disposición de las galgas extensiométricas en el sensor*



**Fuente:** Hoja de datos del sensor

### **C.2.3 BARRERA LUMINOSA DE HORQUILLA**

Numero de identificación: 33746

Función: Esta herramienta permite realizar un control sobre mediciones de tiempo o conteos.

**Figura C. 4.** *Barrera luminosa de horquilla*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Realiza el control de tiempo por medio de un haz infrarrojo ( $\lambda = 950\text{nm}$ ).
- Funciona con voltajes tanto de alterna (6V-15V) como de continua (9V-25V).
- Maneja resolución de hasta 0.1mm, lo cual significa que el dispositivo reacciona ante una interrupción de este tipo.

**Recomendaciones:**

- No intentar alimentar el dispositivo manualmente, este se alimenta directamente del equipo transductor, que puede ser el sensor Cassy o un cronometro digital.
- Si el dispositivo no registra datos, revisar que la salida del rayo infrarrojo se encuentre libre de obstáculos.

## C.2.4 SENSOR DE MOVIMIENTO

Numero de identificación: 337631

Función: Junto a un transductor, el sensor convierte el espacio recorrido por un cuerpo en tensiones proporcionales que se pueden registrar en un multímetro analógico o en un PC con la ayuda de la herramienta Cassy Lab.

**Figura C. 5.** *Sensor de movimiento*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

### **Características:**

- Su funcionamiento se basa en la transmisión del movimiento hacia una rueda de radios con poca fricción, y que es explorada constantemente por dos barreras luminosas, el transductor Cassy toma los conteos de interrupciones y los interpreta.
- Registra desplazamientos de hasta 1mm.
- Su salida es de 1V/m.
- Error máximo del 2%.

### **Recomendaciones:**

- No poner sobre la rueda de radios cargas mayores a 50g, pues genera desgaste prematuro en el dispositivo.
- Para la verificación de su comportamiento se puede hacer uso de un hilo de longitud conocida, y realizando desplazamientos conocidos se podrá determinar el correcto comportamiento del dispositivo.

## C.2.5 UNIDAD BMW

Numero de identificación: 524032

Función: Transductor se movimiento. (Se usa junto al sensor de movimiento).

**Figura C. 6.** *Unidad BMW*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

### **Características:**

- Puede conectarse en cualquiera de las entradas del sensor Cassy
- Posee dos entradas, que permiten la medición de desplazamientos o ángulos, según el sensor.
- Funciona en conjunto con el sensor de desplazamiento.

### **Recomendaciones:**

- Debe evitar ejercerse presión sobre los conectores, de esta manera se evita un deterioro rápido de la unidad.

## C.2.6 UNIDAD FUENTE DE CORRIENTE

Numero de identificación: 524031

Función: Unidad diseñada para medición de resistencias.

**Figura C. 7.** *Unidad fuente de corriente*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

### **Características:**

- Se usa junto a sensores cuyas resistencias varían.
- El dispositivo genera corrientes independientes de la carga (mediante software) entre 1 $\mu$ A y 10mA, la caída de tensión se mide y se presenta como resistencia.
- Gracias a sus características, es posible realizar medidas de resistencia y recorrido, en rangos de 100 $\Omega$  hasta 1000k $\Omega$  para resistencias, y 15cm a 150cm para distancias.
- La resistencia interna del dispositivo es mayor de 20M $\Omega$ .
- Error del 1%.

**Recomendaciones:**

- Si detecta anomalías en el registro de mediciones, con la ayuda de un multímetro determine la resistencia de entrada de la unidad, si se presenta un valor por debajo de los  $20M\Omega$  detenga la toma de datos con el fin de proteger la unidad Cassy.
- Para mediciones fuera de los rangos, utilice herramientas análogas como los multímetros.
- Para la verificación se realiza un circuito de prueba con paso de corriente conocida.

**C.2.7 TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO**

Numero de identificación: 529031

Función: Sirve para la medición de desplazamientos de hasta 150cm.

**Figura C. 8.** *Transductor de desplazamiento*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Por medio de la rotación de la rueda, el transductor transforma desplazamientos en variaciones de resistencia, gracias a un potenciómetro interno de  $10k\Omega$ .

**Recomendaciones:**

- Si presenta incongruencia entre las mediciones, mida la resistencia entre los extremos del potenciómetro, si el valor esta 10% por debajo de los 10k $\Omega$ , reemplace el potenciómetro, de lo contrario revise que la rotación de la rueda efectivamente realice variaciones en el potenciómetro, por medio de la conexión entre la terminal media y uno de sus extremos.

**C.2.8 UNIDAD 30 AMPERIOS**

Numero de identificación: 524043

Función: Permite realizar mediciones de corrientes entre 1A y 30A, a través del PC.

**Características:**

- Su funcionamiento se basa en un elemento Hall, que permite que ante altas corrientes las caídas de tensión sean bajas.
- Su resistencia de entrada es menor de 0.05 $\Omega$ .
- Su tensión máxima de salida es de 1 V.
- Error máximo 2.5%.

**Recomendaciones:**

- Usar solo para corrientes mayores a 3 A, pues para corrientes menores el dispositivo es susceptible al ruido.
- Al momento de presentarse anomalías, tomar medida del valor resistivo que se presenta en la entrada.

**Figura C. 9.** *Unidad 30 Amperios*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

### **C.2.9 UNIDAD TIMER**

Numero de identificación: 524034

Función: Esta unidad permite el acceso a las entradas para medida del tiempo del Cassy.

#### **Características:**

- Entrega una tensión de salida de 5 V, a traves de una resistencia de 16k $\Omega$ .
- De acuerdo a la configuración de sensor(es) se pueden hacer registro de eventos, frecuencia, tasa, periodos, duración de recorridos, distancia, choques lineales, choques giratorios, etc.

#### **Recomendaciones:**

- Si no se utiliza el cable de unión, se debe conectar la tierra del evento a medir.

**Figura C. 10.** *Unidad Timer*



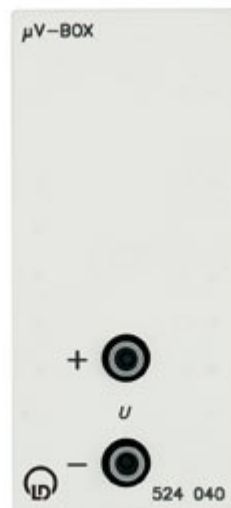
**Fuente:** Catálogo Leybold

### **C.2.10 UNIDAD $\mu V$**

Numero de identificación: 524040

Función: Permite realizar captura de valores de tensión bastante bajos.

**Figura C. 11.** *Unidad  $\mu V$*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Su rango de medición va hasta los 100mV.
- Su resistencia de entrada es de 100kΩ.
- Error de 0.5%.

**Recomendaciones:**

- Un decremento o aumento excesivo del valor resistivo a la entrada del dispositivo puede ser síntoma de una posible falla en él por lo tanto se aconseja detener la toma de datos para prevenir daños al Cassy.

**C.2.11 SONDA DE TEMPERATURA DE NICR-NI**

Numero de identificación: 666193

Función: Sirve para efectuar mediciones de temperatura en líquidos y gases.

**Características:**

- Esta diseñada con NiCr-Ni (Termoelemento).
- Presenta una sensibilidad de 41mV/°C.
- Maneja un rango de -200 a 1200°C.

**Recomendaciones:**

- No exponerla a temperaturas mayores de 1000°C por largos periodos de tiempo.
- Se debe proteger contra líquidos que puedan causar daños en la estructura.

**Figura C. 12.** *Sensor de temperatura de NiCr-Ni*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

## **C.2.12 UNIDAD TEMPERATURA**

Numero de identificación: 524045

Función: Esta unidad permite conectar hasta dos sondas de temperatura NiCr-Ni o NTC con el fin de llevar su registro al PC.

**Figura C. 13.** *Unidad de temperatura*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Tensión máxima de salida 1V.
- Funciona en conjunto con la sonda de temperatura.

**Recomendaciones:**

- El que se presente ruido en la señal que se recibe, no es indicio de mal funcionamiento de la unidad.

Cabe señalar que los ajustes de rango y correcciones de offset para cada uno de los sensores, se pueden programar desde el software Cassy Lab según recomendaciones en el anexo A.

**C.3 EQUIPOS TRANSDUCTORES****C.3.1 MEDIDOR DE NEWTON**

Numero de identificación: 314251

Función: Sirve para el registro electrónico de fuerzas.

**Figura C. 14.** *Medidor de Newton*



**Fuente:** Hoja de datos del equipo.

**Características:**

- Mide fuerzas desde 10 mN hasta 200 kN.
- Cuenta con una salida analógica que puede utilizarse para registro en otros elementos.
- Procesa la información proveniente de las galgas del sensor, arrojando el resultado en Newtons.
- Cuenta con un supresor de ruido, que limita el paso a ciertas frecuencias. (SLOW, frecuencias menores a 7Hz, FAST, frecuencias superiores a los 100 Hz).
- La tensión máxima de salida es de 2V.
- La resistencia de salida del aparato es de 100  $\Omega$ .
- Su consumo de potencia es de 20VA.

**Recomendaciones:**

- El rango de medición esta limitado por el sensor con el cual se trabaje, por lo tanto se recomienda leer las indicaciones de este antes de efectuar ajustes en el equipo.
- Encender el equipo junto al sensor, al menos 15 minutos antes de la realización del experimento, con el fin de obtener mejores resultados.
- Si se necesita compensar un valor de entrada utilice el botón COMPENSATION, accionando éste hacia SET.
- Cada vez que se realicen cambios de escala se debe realizar una compensación sin carga.
- Si se desea hacer uso de la salida analógica, debe utilizarse un instrumento con resistencia de entrada mayor a 100k $\Omega$ .
- Puede emplearse el sensor de fuerza de 1N (524060) o el sensor de fuerza de 3N (314261).

### C.3.2 TESLÁMETRO

Numero de identificación: 51662

Función: Permite visualizar digitalmente valores de densidades de flujo magnético.

**Figura C. 15.** *Teslametro*



**Fuente:** Hoja de datos del equipo.

#### **Características:**

- Puede medir flujos entre 0.01mT y 2T, en campos alternos o continuos.
- Permite realizar compensaciones de hasta 500mT.
- Posee una salida analógica que maneja hasta 2V, que puede ser conectada a un equipo analógico.
- Presenta un espacio apantallado magnéticamente para la realización de ajustes a cero.
- Su resistencia de salida es de 100Ω.
- Cuenta con una sensibilidad de 0.01mT.
- Maneja frecuencias para campos alternos entre 20Hz hasta los 10kHz.
- Su consumo de potencia es de 20VA.

**Recomendaciones:**

- Es preciso realizar el proceso de compensación cuando se manejen campos continuos, para esto se hace uso del espacio apantallado y del botón COMPENSATION.
- Cuando en la visualización se observe un 1 ó -1 es indicación de una sobrecarga, para corregirla varié la escala y realice el proceso de compensación.
- Una prueba que se puede realizar para este equipo consiste en hacer uso de las bobinas de Helmholtz y una fuente de corriente, y con esto generar un campo magnético, y con la estimación del valor teórico se puede calcular el error de medición.

**C.3.2.1 Sonda tangencial B, Sonda axial B**

Numero de identificación: 516660/51661

Función: Estas sondas permiten medir la densidad de flujo magnético B.

**Figura C. 16.** *Sondas tangencial B y axial B*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Su funcionamiento se basa en un sensor Hall que es sensible a las densidades de flujo magnético perpendiculares al eje de la sonda (para la Sonda tangencial B) o paralelos al eje (para la Sonda axial B).
- Cuenta con una escala en mm para la medición de la penetración sobre el

campo de prueba.

- El material del sensor es GaAs, que se ubica en una superficie de 0.2mm x 0.2mm.

**Recomendaciones:**

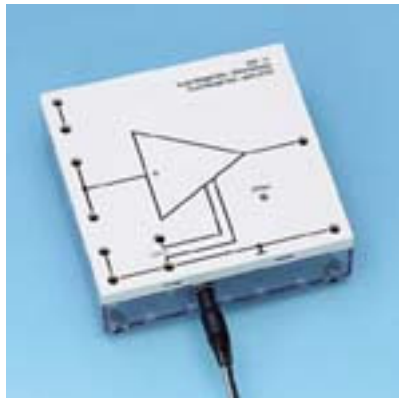
- Debe evitarse la toma de medidas con campos cercanos que puedan interferir con los resultados.
- Debido a lo frágil del elemento se recomienda no someter estos a presiones o fuerzas innecesarias.

**C.3.3 AMPLIFICADOR DE ELECTRÓMETRO**

Numero de identificación: 53214

Función: Transformador de impedancias.

**Figura C. 17.** *Amplificador de electrómetro*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- La ganancia es 1.
- Su impedancia de entrada es mayor de  $10^{13}\Omega$ , mientras que la de salida es menor que  $1\Omega$ .

- La corriente de entrada es menor a 50pA, y la salida de 5mA, con protección contra cortocircuito.
- El rango de tensión a la entrada es de hasta 10 V en continua, obteniendo a la salida el valor respectivo.
- Se utiliza especialmente para la medición de cargas electrostáticas.

**Recomendaciones:**

- No conectar a la entrada valores mayores a los enunciados.
- Con el amplificador se pueden aplicar divisores resistivos o capacitivos a la entrada, debe tenerse en cuenta a la selección de estos que la entrada nunca supere los 10 V.
- Cuando se realicen mediciones de cargas electrostática se debe hacer uso de la varilla de conexión, con el fin de tener una masa apropiada para el equipo.

## **C.4 FUENTES DE ALIMENTACIÓN**

### **C.4.1 TRANSFORMADOR 2 A 12 V**

Numero de identificación: 52125

Función: Suministra tensiones de alterna.

**Figura C. 18.** *Transformador 2 a 12V*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Suministra tensiones de 2 a 12 V en pasos de 2.
- Puede alimentar cargas de hasta 10A.
- Cuenta con tres ruptores de protección contra sobrecargas.
- Maneja un consumo de potencia de 140VA.

**Recomendaciones:**

- Cuando se active uno de los ruptores, se debe apagar el equipo inmediatamente, retirar el elemento que produjo la sobrecarga, oprimir el botón de seguridad y encender nuevamente.

**C.4.2 TRANSFORMADOR VARIABLE DE BAJA TENSIÓN**

Numero de identificación: 521351

Función: Suministra tensiones alternas y continuas.

**Figura C. 19.** *Transformador variable de baja tensión*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Posee una fuente fija de 12 V en alterna con manejo de corriente de 1.8A.
- Como fuente variable, puede entregar voltajes alternos o continuos de hasta 20 V con manejos de corriente de hasta 6 A.
- Cuenta con dos protecciones para sobrecargas que se activan por acción termo magnética.
- La salida de continua se interconecta con la de alterna por medio de un puente rectificador.
- El consumo de potencia del equipo es de 190 VA.
- Rizado a la salida de 48%.

**Recomendaciones:**

- Al activarse uno de los interruptores se debe aplicar el mismo procedimiento explicado para el transformador de 2 a 12 V.

### C.4.3 UNIDAD DE ALIMENTACIÓN DE C.C., DE 0 A $\pm$ 15 V

Numero de identificación: 52145

Función: Suministra tensiones continuas.

**Figura C. 20.** *Unidad de alimentación de cc 0-15V*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

#### **Características:**

- Puede entregar voltajes de  $\pm 15$  V, o hasta  $\pm 30$  V si se conecta en serie, sólo puede entregar un máximo de 1.5 A.
- Cuenta con una fuente fija de 5 V que suministra hasta 0.5 A.
- Consume una potencia de 80VA.
- Rizado para la salida de 1.5 A de 5mVpp y para la salida de 0.5 A de 10mVpp.
- Estabilidad de la tensión para 1.5 A de 0.3% y para 0.5 A de 2%.

#### **Recomendaciones:**

- Debido a la posibilidad de recalentamiento, se debe manejar en áreas frescas, y no debe cubrirse la ventilación propia del equipo.
- Al momento de presentarse un fallo, como por ejemplo un corto, el equipo responde con un mensaje en el visualizador (E0.0), para corregirse este fallo debe examinarse el circuito que se esta alimentando, previo apagado de la

fuelle. Luego de un tiempo esta responderá nuevamente.

#### **C.4.4 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE C.C. DE 0 A 20 V**

Numero de identificación: 52154

Función: Entrega voltajes de corriente continua.

**Figura C. 21.** Fuente de alimentación cc 0-20V



**Fuente:** Catálogo Leybold.

#### **Características:**

- Maneja voltajes continuos de 0 a 20 V, y una corriente máxima de 5 A.
- El consumo de potencia es 120 VA.
- Cuenta con protección contra cortocircuito.
- Estabilización a plena carga menor a 20mV.
- Rizado de 2mVeff.

#### **Recomendaciones**

- Ante un cortocircuito, llevar el voltaje de salida a cero por medio de la perilla destinada para tal fin, desconectar la carga y dejar reposar, una vez corregida la fuente del corto, encender nuevamente.

### C.4.5 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE GRAN AMPERAJE, FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE FORMA DE ONDA TRIANGULAR

Numero de identificación: 52155

Función: Suministra tensiones continuas estables con alto manejo de corriente.

**Figura C. 22.** Fuente de alimentación de gran amperaje



**Fuente:** Catálogo Leybold.

#### **Características:**

- Cuenta con limitación de potencia de 240W.
- Suministra voltajes de 0 a 24 V, con corrientes hasta de 20 A.
- Cuenta con control temporal de la corriente, la cual puede tener variaciones entre 0.2A/s y 2.2A/s.
- El consumo de potencia es de 450VA.
- Ondulación a plena carga 50mVpp.
- Estabilización de 1% del valor final.

**Recomendaciones:**

- Se debe evitar trabajar con potencias cercanas al límite, pues el comportamiento puede presentarse inestable.

**C.4.6 FUENTE DE ALIMENTACIÓN PARA TUBOS 0-500 V**

Numero de identificación: 52165

Función: Genera voltajes de continua y alterna.

**Figura C. 23.** Fuente de alimentación para tubos 0-500V



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Presenta tensiones continuas aisladas que pueden regularse, de 0 a 50 V con manejo de hasta 10mA, de 0 a 500 V con manejo de corriente de 50mA.
- Cuenta también con una fuente continua regulable de 4.5 a 7.5 V con manejo de carga de hasta 5A.
- En cuanto al manejo de voltaje alterno, maneja una fuente de 6.3 V con capacidad de 1A, ideal para el manejo de tubos.
- El consumo de potencia es de 120 VA.
- Para la fuente de 0-50V presenta un rizado de 0.1% y estabilidad de 0.3%.

- La fuente de 0-500V cuenta con rizado de 0.6% y estabilidad de 0.4%.

#### **Recomendaciones:**

- Debido al manejo de altos voltajes que provee la fuente, se recomienda encenderla una vez montado y verificado el circuito a alimentar.
- La manipulación de los cables, debe realizarse con la fuente apagada.
- Si el ruptor de seguridad se activa, se debe apagar la fuente y oprimir el respectivo ruptor.

#### **C.4.7 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ALTA TENSIÓN, 10 KV**

Numero de identificación: 52170

Función: Manejo de altas tensiones en corriente continua.

**Figura C. 24.** Fuente de alimentación de alta tensión, 10kV



**Fuente:** Catálogo Leybold.

#### **Características:**

- Cuenta con tensiones continuas variables hasta los 10kV, con manejos de corrientes seguros al contacto.
- Para tensiones entre los 5kV la corriente de salida es menor de 100uA.
- El consumo de potencia es de 30VA.

- Ondulación residual de hasta 1 V.

#### **Recomendaciones:**

- No se deben conectar en serie varias fuentes de alimentación.
- Asegurarse que al encender la fuente la perilla variable este en 0 V, con el fin de evitar posibles descargas.
- Hacer uso exclusivo de los cables de alta tensión destinados para las fuentes, pues el uso de cables normales puede generar descargas sobre el área de trabajo.
- Se debe evitar el contacto, con cables que no presentan aislamiento y en general con los demás equipos.
- No hacer uso de condensadores de más de 2.5nF, ni de resistencias comunes pues el riesgo de descarga se incrementa bajo este uso.

#### **C.4.8 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ALTA TENSIÓN DE 25 KV**

Numero de identificación: 521721

Función: Provee altas tensiones en continua.

**Figura C. 25.** Fuente de alimentación de alta tensión de 25 kV



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Se pueden obtener tensiones de salida de hasta  $\pm 25\text{kV}$ .
- No presenta riesgo al contacto, pues maneja una corriente de corto de  $0.5\text{mA}$ .
- Su consumo de potencia es de  $35\text{VA}$ .

**Recomendaciones:**

- No deben conectarse condensadores de mas de  $0.5\text{ nF}$ .
- Las recomendaciones aplicadas a la fuente de  $10\text{kV}$  aplican igual para la de  $25\text{kV}$ .

**C.4.9 GENERADOR DE FUNCIONES S12**

Numero de identificación: 522621

Función: Genera ondas triangulares, cuadradas y sinusoidales.

**Figura C. 26.** *Generador de funciones*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Trabaja con magnitudes de  $0-6\text{V}$  y rangos de frecuencia de  $0.05\text{ Hz}$  hasta  $20\text{kHz}$ .
- La corriente máxima que puede entregar es de  $1\text{ A}$ .

- Cuenta con protección térmica.

**Recomendaciones:**

- El equipo tiende a sobrecalentarse para ciertas cargas, por lo que es conveniente que permanezca activo por cortos periodos de tiempo. (No más de 5 ó 10 minutos).

**C.4.10 POWER CASSY**

Numero de identificación: 524011

Función: Fuente programable desde el PC.

**Figura C. 27.** *Power Cassy*



**Fuente:** Catálogo Leybold.

**Características:**

- Puede programarse como fuente de tensión o corriente.
- Se pueden conectar hasta 8 Power Cassy en cascada.
- Se conecta al computador por medio del puerto serie.
- Las tensiones y corrientes de salida, pueden ser monitoreadas desde el computador.
- Como fuente de voltaje maneja hasta 10V, con máximo 1 A.
- Para corriente se puede programar para entregar hasta 1 A, y tomar

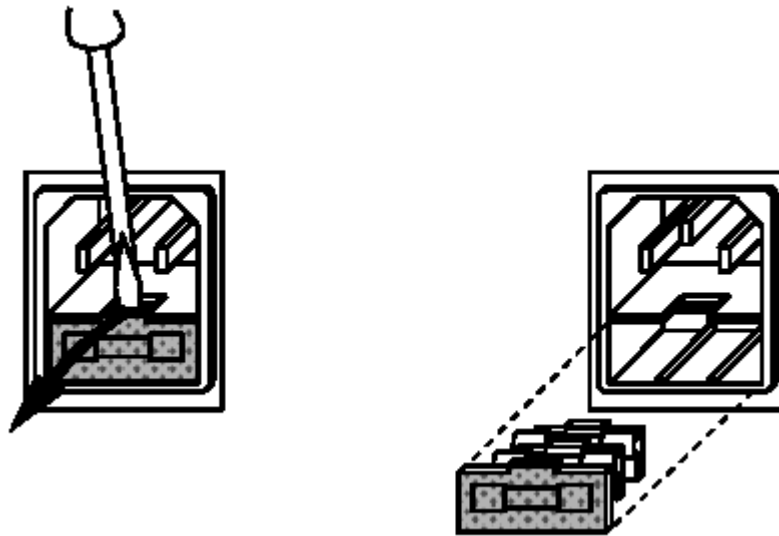
mediciones de hasta 10 V.

**Recomendaciones:**

- Si se va a efectuar un manejo máximo de corriente para un voltaje cercano a los 10 V se recomienda conectar un segundo adaptador a la unidad.
- Para la programación se recomienda ver el compendio de fórmulas en el anexo A.


En caso de presentarse interrupción en el funcionamiento de cualquiera de las fuentes, puede sospecharse del fusible, para su reposición, primero se debe desconectar el cable de alimentación a la red, posteriormente se retira por medio de una suave palanca el porta fusible, se verifica el estado y en caso de encontrarse abierto se procede a su reemplazo. (Figura C.28).

**Figura C. 28.** *Procedimiento para el cambio de fusible de las fuentes*



**Fuente:** Manuales Leybold.

## ANEXO D. FORMATO PARA REVISIÓN DE EQUIPOS

	<b>REPORTE TÉCNICO N°</b>		
	<b>FECHA DE REALIZACIÓN:</b>		
	<b>FORMATO PARA REVISIÓN DE EQUIPOS</b>		
	<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b>		
	<b>NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:</b>		
<b>PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA E INSTALACIÓN</b>			
<b>Fuentes</b>		<b>Sensores e instrumentos de medida</b>	
<b>Valores esperados</b>	<b>Valores medidos</b>	<b>Valores esperados</b>	<b>Valores medidos</b>
Voltaje máximo salida	Voltaje máximo salida	Resistencia de entrada	Resistencia de entrada
Corriente	Corriente	Voltaje máximo salida	Voltaje máximo salida
Rizado	Rizado	Error de medida	Error de medida
Estabilidad a carga	Estabilidad a carga	Limpieza Calibración	Cambio de partes
<b>OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES</b>			
<b>ACEPTACION CAMBIOS/REVISIÓN</b>			
Autorizado por:			
Realizado por:			

## ANEXO E. MAGNITUDES Y UNIDADES EMPLEADAS DENTRO DEL LIBRO

**Tabla E. 1.** *Magnitudes y unidades empleadas dentro del libro*

NOMBRE	SÍMBOLO	UNIDAD	ABREVIATURA
Velocidad	v	Metro/segundo	m/s
Fuerza	F	Newton	N
Carga	Q	Coulomb	C
Distancia	R,r,d	Metro	m
Flujo magnético	$\Phi$	Weber	Wb
Área	A	Metro <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Longitud	L	Metro	m
Potencial, Voltaje	V,U	Volt	V
Corriente	I	Ampere	A
Carga electrónica	e	Coulomb	C
Intensidad campo magnético	H	Ampere/metro	A/m
Densidad flujo magnético	B	Tesla	T
Permitividad	$\epsilon_0$	Farad/metro	F/m
Permeabilidad	$\mu_0$	Henry/metro	H/m
Frecuencia angular	w	Radian/segundo	Rad/s
Periodo	T	Segundos	s
Potencia	P	watt	W
Frecuencia	f	Hertz	Hz
Longitud de onda	$\lambda$	metro	m

**Fuente:** Autor

**Tabla E. 2.** *Tabla de constantes empleadas*

NOMBRE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Carga del electrón	e	$1.60217 \times 10^{-19}$	C
Masa del electrón	m	$9.10938 \times 10^{-31}$	Kg
Permitividad del espacio libre	$\epsilon_0$	$8.854 \times 10^{-12}$	F/m
Permeabilidad del espacio libre	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-12}$	H/m
Velocidad de la luz	c	$2.99 \times 10^8$	m/s
Constante de Planck	h	$6.625 \times 10^{-34}$	CVs

**Fuente:** Autor

## **ANEXO F. NORMAS DE SEGURIDAD Y TRABAJO EN EL LABORATORIO**

Dentro del laboratorio existen riesgos que pueden minimizarse, si se siguen ciertas normas básicas de seguridad y comportamiento. A continuación se encuentran un compilado de normas que garantizaran el desarrollo de las prácticas de manera segura y armoniosa.

### **1. NORMAS DE SEGURIDAD**

- Quítese todos los accesorios personales que puedan producir descargas (recuerde que algunas de las prácticas trabajan con altos voltajes), como son anillos, pulseras, collares. La responsabilidad por las consecuencias de no cumplir esta norma dentro del laboratorio es enteramente del estudiante.
- Está prohibido fumar, beber o comer en el laboratorio, así como dejar encima de la mesa del laboratorio algún tipo de prenda.
- El pelo largo se llevará siempre recogido.
- Sobre la mesa de trabajo solo debe hallarse el equipo requerido para llevar a cabo la práctica.
- Evite los desplazamientos innecesarios dentro del aula, y no corra dentro de ella.
- Si presenta dudas acerca del montaje de alguna de las prácticas, consulte con el profesor ó el auxiliar encargado antes de la realización de la experiencia.
- Es importante que antes del inicio, se haya leído la guía previa, y se sigan a cabalidad las recomendaciones de seguridad para la experiencia.
- Manipule los equipos de manera responsable y cuidadosa.
- No se permitirá el ingreso de bolsos al aula.
- Si alguno de los equipos presenta anomalías, apáguelo y repórtelo inmediatamente.
- No encienda las fuentes, hasta que no este seguro de las conexiones realizadas.

## **2. NORMAS DE TRABAJO**

- Cada equipo de trabajo es responsable del material que se le asigne, en caso de pérdida o daño, deberá responder de ello. Antes de empezar con el procedimiento experimental o utilizar algún aparato revisar todo el material, y su manual de funcionamiento en su caso.
- Al finalizar la practica el material y la mesa de trabajo deben dejarse limpios y ordenados.
- El material asignado a cada práctica debe permanecer en el lugar asignado. No se debe coger material destinado a prácticas distintas a la que se está realizando.
- El uso de los computadores es meramente académico, evite instalar en estos programas de índoles ajenas a las de la academia.

## **3. PUESTO DE TRABAJO**

- Conservar siempre limpios los aparatos y el puesto de trabajo.
- Todas las prácticas deberán realizarse con limpieza y, al terminar, toda el área de trabajo deberá quedar ordenada y limpia.