

Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

**Informe de práctica de especialidad para optar por el título
de Ingeniería en Mantenimiento Industrial con el grado
académico de Licenciatura**

**Boston
Scientific**
Advancing science for life™

“Rediseño, control de ambiente y aspectos fundamentales del laboratorio de calibraciones con base en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 y trazabilidad de equipos para la empresa Boston Scientific ”

Víctor Fabián Vargas Zapata

San José, Costa Rica

2016



Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénieri

Carrera evaluada y acreditada por:

CEAB

I. Información del estudiante

- **Nombre:** Víctor Fabián Vargas Zapata
- **Cédula:** 4-0214-0472
- **Carné:** 201108872
- **Domicilio:** Heredia Centro
- **Teléfono celular:** 8863-9853
- **Teléfono casa:** 2237-3147
- **Dirección electrónica:** vicvar22@gmail.com
- **Profesor asesor:** Ing. Gilberth Bonilla Castillo

II. Información del proyecto

- **Nombre:** Rediseño, control de ambiente y aspectos fundamentales del laboratorio de calibraciones con base en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005 y trazabilidad de equipos para la empresa Boston Scientific.
- **Asesor industrial:** Erik Bolaños Porras
- **Horario de trabajo:** Lunes a jueves, 7:00 am – 5:00 pm, viernes 7:00 am – 2:45 pm

III. Información de la empresa

- **Nombre:** Boston Scientific Costa Rica
- **Ubicación:** 2546 calle primera Propark, Coyol, Alajuela, Costa Rica
- **Teléfono:** 2436-8043
- **Actividad principal:** Manufacturación de dispositivos médicos.

IV. Dedicatoria

Primeramente, a Dios que me dio la fuerza, sabiduría y perseverancia para llegar hasta la culminación de esta etapa.

A mi mamá, Gloria, por todo su amor, cariño y apoyo incondicional para nunca decaer y dar siempre lo mejor de mí.

A mi papá, Jorge, por todo el amor y esfuerzo que da día con día para sacar nuestra familia adelante, por ser el pilar fundamental de mi vida.

A mis hermanos, Jorge y Andrés, por estar siempre pendientes de mí y brindarme su ayuda incondicional.

V. Agradecimiento

A todos mis familiares, que me apoyaron en cada momento desde el principio hasta el final de mi carrera.

A Gaby, por su compañía en la mayor parte de esta aventura, su amor, cariño, apoyo y comprensión fue imprescindible para culminar con éxito esta etapa.

Al profesor Ing. Gilberth Bonilla Castillo, por su excelente asesoría, para mis tomas de decisiones.

Al Ing. Erik Bolaños Porras, por su comprensión, apoyo y asesoría durante el desarrollo de este proyecto.

Al equipo de técnicos del departamento de calibraciones de la empresa Boston Scientific, Coyol, Costa Rica, por la paciencia y soporte en el desenvolvimiento de mi persona en la empresa.

A la compañía Boston Scientific, por brindarme la posibilidad de realizar este proyecto.

A todos mis compañeros y profesores del Tecnológico de Costa Rica, que de alguna manera u otra influyeron en el proceso de mi carrera.

VI. Abreviaturas

BSC: Boston Scientific

BM-RAM: Blue Mountain Regulatory Asset Manager

FDA: Food and Drug Administration

CU: Coeficiente de utilización

S_{DL}: Depreciación del flujo luminoso

S_{FL}: Sub-factor de limpieza

LPW: Lumens for Watt

GE: General Electric

DLC: Design Light Consortium

UL: Underwriters Laboratories

Tabla de contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Reseña de la empresa.....	2
1.1.1	Boston Scienitific Coyol, Alajuela, Costa Rica.....	2
1.1.2	Misión y visión.....	3
1.1.3	Política de calidad.....	3
2	Descripción del proceso productivo	5
2.1	Calibración interna Boston Scientific.....	5
2.1.1	Solicitud de calibración	5
2.1.2	Calibración interna	6
2.2	Calibración externa	8
3	Justificación del proyecto	11
4	Objetivos.....	12
4.1	Objetivo general.....	12
4.2	Objetivos específicos.....	12
5	Metodología.....	13
5.1.1	Fuentes de información	13
5.1.2	Fuentes secundarias	13
5.1.3	Etapa 1: Reconocimiento del laboratorio de calibraciones.....	13
5.1.4	Etapa 2: Desarrollo.	13
5.1.5	Etapa 3: Interpretación de datos.	14
5.1.6	Etapa 4: Diseño del nuevo laboratorio y herramienta para dar trazabilidad a equipos. 14	
5.1.7	Etapa 5: Análisis económico y presentación del proyecto.	14
6	Alcance.....	15
7	Limitaciones.....	16

8	Marco teórico	17
8.1	Norma ISO/IEC 17025:2005: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.	17
8.1.1	Campo de aplicación de la norma ISO/IEC 17025:2005	17
8.2	Metrología	17
8.2.1	Clasificación de la metrología	18
8.3	Calibración	19
8.4	Características de los equipos de medida	19
8.4.1	Trazabilidad	19
8.4.2	Rango de medida	20
8.4.3	Alcance	20
8.4.4	Fondo de escala (full scale reading)	20
8.4.5	Exactitud	20
8.4.6	Precisión o fidelidad.....	21
8.4.7	Repetitividad	21
8.4.8	Tolerancia	21
8.4.9	Desplazamiento	21
8.4.10	Linealidad.....	21
8.4.11	Sensibilidad de a medida	22
8.4.12	Sensibilidad ante perturbaciones	22
8.4.13	Zona muerta.....	22
8.4.14	Temperatura	23
8.4.15	Humedad	23
8.4.16	Red eléctrica.....	23
8.4.17	Partículas	23
8.4.18	Vibración	24
8.5	Niveles de iluminación y sus conceptos.....	24
8.5.1	La luz.....	25
8.5.2	La visión	25
8.5.3	Flujo luminoso.....	27

8.5.4	Intensidad luminosa.....	27
8.5.5	Iluminancia o nivel de iluminación.....	27
8.5.6	Luminancia.....	27
8.5.7	Factor de reflexión.....	27
8.5.8	Fuentes de iluminación.....	28
9	Descripción del proyecto.....	28
10	Diagnóstico de la situación actual.....	30
10.1	Calibración externa de equipos nacionales e internacionales.....	30
10.2	Laboratorio de calibraciones.....	32
10.2.1	Espacio físico.....	32
10.2.2	Acomodo mobiliario y equipo.....	33
10.2.3	Control ambiental.....	35
10.2.4	Patrones y herramientas básicas.....	55
10.2.5	Cantidad de técnicos.....	56
11	Solución al problema planteado.....	59
11.1	Calibración externa de equipos nacional e internacional.....	59
11.1.1	Equipos nacionales.....	61
11.1.2	Equipos internacionales.....	61
11.1.3	Resultado implementación Hoja inteligente Microsoft Excel.....	64
11.2	Control Ambiental.....	65
11.2.1	Iluminación.....	65
11.2.2	Temperatura.....	84
11.2.3	Partículas.....	84
11.2.4	Presión de aire.....	85
11.2.5	Piso.....	86
11.2.6	Humedad relativa.....	86
11.2.7	Regulación de tensión.....	87
11.2.8	Ruido.....	90
11.3	Herramientas básicas.....	91

11.4	Patrones y cantidad de técnicos	92
12	Distribución de la planta del laboratorio	98
13	Vista Isométrica del laboratorio de calibraciones Boston Scientific.	102
13.1	Mesas de laboratorio	103
13.2	Zona de embalaje	105
14	Análisis económico para la construcción del Laboratorio de Calibraciones.	106
14.1	Contratista interno	108
14.2	Contratista externo	108
15	Conclusiones	109
16	Recomendaciones	111
17	Bibliografía	112
18	Anexo	114

Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama departamento de Calibraciones.....	4
Figura 2. Formulario solicitud y evaluación de calibración.....	5
Figura 3. Equipo grabado y etiquetado.....	6
Figura 4. Flujograma calibraciones internas.....	7
Figura 5. Flujograma calibraciones externas.....	9
Figura 6. Software BM-RAM	10
Figura 7. Etiqueta de equipo.	10
Figura 8. Espectro electromecánico.	25
Figura 9. Estructura ojo humano	26
Figura 10. Laboratorio de calibraciones BSC.....	32
Figura 11. Espacio reducido laboratorio de calibraciones BSC.....	33
Figura 12. LabMaster y su toma de presión de aire.....	34
Figura 13. Toma de aire en puesto de calibración de torques.....	34
Figura 14. Toma de aire en estación de temperatura.....	35
Figura 15. Luminarias laboratorio de calibraciones BSC.....	36
Figura 16. Sombra generada por los mismos técnicos en su área de trabajo.	37
Figura 17. Diagrama Ishikawa	39
Figura 18. Puestos de trabajo en Laboratorio de Calibraciones actual.	42
Figura 19. Luminarias ubicadas detrás del área de trabajo, ejemplo 1.	43
Figura 20. Luminarias ubicadas detrás del área de trabajo, ejemplo 2.	43

Figura 21. Mesa central, único espacio donde la luz da directo (puesto 5 y 6)	44
Figura 22. Distribución actual de luminarias Laboratorio de Calibraciones de Boston Scientific.....	45
Figura 23. Render 3D Pseudocolor	45
Figura 24. Contador de partículas, Manufacturador Climet.....	50
Figura 25. Contador de partículas, Manufacturador Climet.....	50
Figura 26. Piso de cerámica BSC.....	51
Figura 27. Barómetro	52
Figura 28. Puerta abierta laboratorio de calibraciones BSC, ejemplo 1.....	53
Figura 29. Puerta abierta laboratorio e calibraciones BSC, ejemplo 2.	53
Figura 30. Termohigrómetro.	54
Figura 31. Calibrador de procesos, marca Fluke.....	55
Figura 32. Hoja inteligente, datos y estado de actualización de equipo.	60
Figura 33. Hoja inteligente, estados y comentarios.....	60
Figura 34. Hoja inteligente, calibración nacional/internacional y contador de días. .	62
Figura 35. Hoja inteligente, información de envío y proveedor.....	62
Figura 36. Hoja electrónica inteligente	63
Figura 37. Distribución de áreas en el laboratorio, como aproximación de rectángulo.	67
Figura 38. Distribución nueva de luminarias para Laboratorio de Calibraciones de Boston Scientific.....	73
Figura 39. Render 3D escala de grises, iluminación Laboratorio de Calibraciones Boston Scientific	74

Figura 40. Render 3D Pseudocolor	75
Figura 41. Simulación área de trabajo actualizada con nueva iluminación.....	78
Figura 42. Capacidad luminosa en mesas de trabajo actualizado haciendo uso de las nuevas luminarias del laboratorio.....	79
Figura 43. Luminaria BT de la serie BT de la línea de Lumination de GE Lighting....	83
Figura 44. Certificación luminarias General Electric, modelo 2x4 ft BT24 Dimmable Series	83
Figura 45. Propuesta de puertas automáticas a utilizar.	86
Figura 46. Sistema UPS (imagen ilustrativa).....	89
Figura 47. Supresor de picos marca Complet, modelo BRC-1-005, capacidad de 6 A, 6 contactos.....	90
Figura 48. Certificado acreditación empresa SCM Metrología y Laboratorios S.A en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.	98
Figura 49. Certificado acreditación empresa A1 Calibration Laboratory S.A en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.	99
Figura 50. Distribución propuesta de planta del laboratorio y área administrativa.	100
Figura 51. Distribución de planta del laboratorio y área administrativa al detalle... ..	101
Figura 52. Vista proyectada del Laboratorio de Calibraciones.....	102
Figura 53. Distribución del nuevo laboratorio.....	103
Figura 54. Mesas de trabajo propuestas.	104
Figura 55. Propuesta nuevo Laboratorio de Calibraciones de Boston Scientific. ...	105
Figura 56. Maletas de seguridad, marca Pelican.....	106

Índice de tablas

Tabla 1. Características de luminarias fluorescentes en Laboratorio de Calibraciones	38
Tabla 2. Niveles de iluminación promedio en Laboratorio de Calibraciones actual.	41
Tabla 3. Resultado análisis de partículas.	51
Tabla 4. Análisis de voltaje en salida de tomacorrientes	55
Tabla 5. Nueva capacidad de iluminación por parte de las nuevas luminarias propuestas.	76
Tabla 6. Datos comparativos de posibles luminarias General Electric	82
Tabla 7. Factores de Reflexión del cielo raso	118
Tabla 8. Factores de reflexión de las paredes	118
Tabla 9. Factores de reflexión del piso	118
Tabla 10. Factores de Mantenimiento Luminoso Total	119

Índice de gráficos

Gráfico 1. Ciclo tiempo externo, equipo calibración nacional e internacional.....	31
Gráfico 2. Percepción sobre requerimiento de iluminación en el área de trabajo.....	46
Gráfico 3. Cantidad de personas que presentan efectos negativos en su salud por mala iluminación.....	47
Gráfico 4. Cantidad de personas que presentan dolores por esfuerzos ocasionados por mala iluminación.....	48
Gráfico 5. MDT's sin firmar y revisar.	57
Gráfico 6. Meta de un 90% de MDT's aprobados en su primera revisión cada semana.	58
Gráfico 7. Resultado implementación Hoja inteligente Microsoft Excel	64
Gráfico 8. Meta de un 90% de MDT's aprobados en su primera revisión cada semana, actualizado.	94
Gráfico 9. Cantidad de MDT's sin revisar, actualizado.....	95
Gráfico 10. Meta propuesta de máximo 20 MDT's sin revisar por semana.....	96

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Relación del nivel de luminosidad en relación al área.....	68
Ecuación 2. Cantidad de luminarias que deben estar presentes en el área analizada.	69
Ecuación 3. Relación local	70
Ecuación 4. Coeficiente de mantenimiento.....	70
Ecuación 5. Distribución de luminarias.	70
Ecuación 6. Separación de filas a lo largo.	71
Ecuación 7. Separación de filas a lo ancho.	71

1 Introducción

Sin duda los sistemas de unidades tienen un papel fundamental en la vida diaria de las personas por la necesidad que han tenido éstas a la hora de medir, contar, comparar entre fenómenos, e incluso en cualquier actividad que se realiza a diario; como el simple hecho de la estimación de una distancia a simple vista hasta el control de un proceso, la investigación y la ciencia.

La metrología ha estado completamente ligada al comercio y facilita la mayoría de las tareas realizadas en los procesos del mundo industrializado. Muy importante es su conocimiento sobre las aplicaciones en la práctica de todos los profesionales con fundamento científico, debido a que las mediciones describen fenómenos y procesos en forma cuantitativa. Aquí la importancia de la metrología en la formación de los ingenieros.

Gracias a lo descrito anteriormente se observa el gran papel que representa la metrología en toda organización, ya sea de industria médica, alimenticia, metalmeccánica, presentación de servicios públicos, entre muchas otras. De aquí se da la necesidad de tener laboratorios de medición que cuenten con el personal adecuado, equipos óptimos, condiciones ambientales necesarias para su funcionamiento idóneo y normativas de las respectivas entidades encargadas de certificar la exactitud y veracidad de las mediciones a realizar, comparando con patrones ya preestablecidos.

La metrología es una poderosa herramienta de la cual cada día las empresas dependen más y más para lograr productos con parámetros de excelencia, de alta calidad y confiables. Por lo que tener instalaciones adecuadas es vital para lograr cumplir las metas establecidas por cada empresa.

1.1 Reseña de la empresa

Boston Scientific nace de la visión de John Abele y Pete Nicholas. Es fundada el 29 de Junio de 1979 con el propósito de beneficiar la salud de los pacientes, al traer opciones de equipo médico accesibles, menos invasivos para el organismo y de bajo precio, con el objetivo de convertirse en líderes en todos los aspectos de la industria.

Para el año de los 80's la empresa adquirió ciertas compañías claves para su desarrollo como empresa líder en el área de dispositivos médicos como lo fue Van Tech, que impulsaba el negocio de la urología con productos como la "Pigtail Ureteral Stent" y Endo Tech, su más grande competidor en accesorios gastrointestinales y endoscopio pulmonar. Para el año de 1989 estas estrategias de adquisición ayudaron a la transformación de la vida de pacientes ofreciendo avances en urología, gastroenterología, campos pulmonares y cardiología. Para el año de 1997 Boston Scientific había adquirido 9 compañías más y se coronó como la empresa líder en la angioplastia coronaria y terapia no vascular con ingresos de 1.8 billones de dólares.

Gracias a los continuos avances y estudios de nuevos dispositivos se progresa a través de más áreas médicas, lo que hace que para el 2006 se lancen dispositivos líderes en la industria como lo fue el "Paclitaxel-eluting Coronary Stent System y el área de Medicina Cardiovascular y Neu-modulación". En la actualidad Boston Scintific cuenta con "The EMBLEM S-ICD" que es el primer y único desfibrilador implantable subcutáneo comercializado a nivel mundial.

1.1.1 Boston Scienitifc Coyol, Alajuela, Costa Rica

Boston Scientific Coyol, cuenta con más de 2 900 empleados, los cuales facilitan la manufacturación para la división de productos de Cardiología, Endoscopía e Intervención Periférica. La planta de Coyol comenzó operaciones en el 2009 y sus principales dispositivos médicos son: fórceps de biopsia gástrica, pinzas pulmonares y lazos de polipectomía.

Coyol se encuentra localizado en la provincia de Alajuela de Costa Rica, un área que actualmente se encuentra experimentando gran desarrollo e industrialización.

Por su gran desempeño como empresa médica y sus altos estándares de calidad la empresa ha obtenido dos premios muy valiosos a nivel mundial:

- El Premio Preventivo de Salud y Seguridad
- Premio al Mejor Exportador del País

Donaciones caritativas

Los empleados, a través del programa InvolucraRSE de Boston Scientific, apoyan activamente organizaciones caritativas y logran:

- Casas construidas para personas necesitadas.
- Apoyo al Hospital Nacional de Niños.
- Principal contribuyente a la teletón local que recauda fondos para temas relacionados con la salud en el país.

Beneficios

La empresa Boston Scientific reconoce que la buena salud, el bienestar financiero y la seguridad son todos críticos para una fuerza de trabajo productiva y apoyar una cultura de salud en curso. Sus planes de beneficios están diseñados para permitir talento de alto desempeño, apoyar un equilibrio entre trabajo y vida personal, promover el bienestar y crear un ambiente de trabajo inclusive basado en culturas únicas.

Por todo lo anterior Boston Scientific se encuentra como empresa líder en equipo médico a nivel nacional e internacional.

1.1.2 Misión y visión

“La compañía Boston Scientific está dedicada a transformar la calidad de vida ofreciendo soluciones médicas innovadoras que mejoran la salud de los pacientes de todo el mundo”.

1.1.3 Política de calidad

“Yo mejoro la Calidad del Cuidado del Paciente y de todo Boston Scientific”.

Esta investigación es realizada en la empresa Boston Scientific Coyol, Costa Rica, específicamente en el Laboratorio de Calibraciones del Departamento de Calidad. Por medio de la figura 1 se puede observar el organigrama respectivo; por razones de confidencialidad no se puede mostrar la estructura organizacional de BSC.

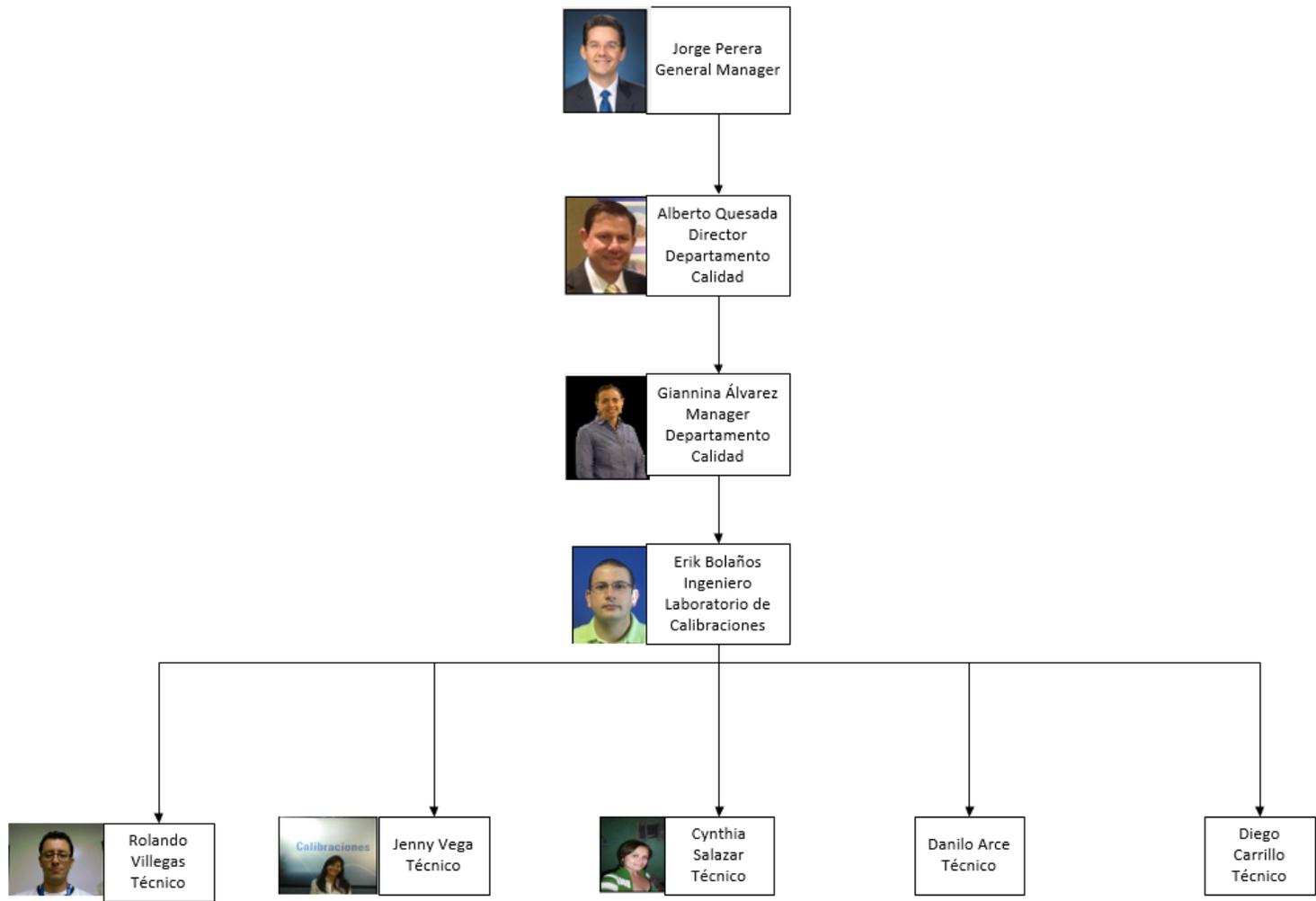


Figura 1. Organigrama Departamento de Calibraciones.

Fuente: Elaboración propia, Visio 2016

2 Descripción del proceso productivo

El laboratorio de calibración forma parte fundamental de la empresa, debido a que, la calibración de los instrumentos permite conocer la desviación de la medida y la confiabilidad del mismo. Un equipo que presente fallas de precisión en su calibración puede generar pérdida en lotes de producción o inclusive pérdidas humanas, por lo que Boston Scientific cuenta con muy altos estándares de calidad y precisión en la calibración de sus equipos y también respecto al seguimiento de los mismos.

2.1 Calibración interna Boston Scientific

2.1.1 Solicitud de calibración

Si un equipo es nuevo o se solicita una calibración de un dispositivo en que su fecha no haya vencido y se necesite re calibrar por algún motivo en especial, es necesario la realización de un formulario para la evaluación de la calibración denominado: "Calibration Evaluation Form". Este formulario recopila información del equipo como: modelo, número de serie, justificación de su necesidad y especificación de calibración en el cual se incluyen los parámetros operacionales y los rangos de tolerancia del dispositivo en el que debe ser calibrado.

Section I: CALIBRATION REQUEST FORM

PURPOSE OF REQUEST

Transferred Complete action Only for transfer
 Out of Service Only for internal action. Active equipment will not have calibration requirements as per calibration performance.
 Calibration The solution of the equipment is to be carried out. Replacement M A (if same, then it is not replacement, just it)
 Other (justify)

Observations/Justification: _____

Only for transfer:
 From: _____ To: _____
 Site: _____

Section II: INSTRUMENT DATA

#	MI #	Instrument description	Cal specification	Rev
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				

Requester: _____ Previous owner/ Current owner (only for replacement): _____
 MES CR number: _____
 Calibrations: _____

Section III: THESE DOCUMENTS ARE THE PROPERTY OF BOSTON SCIENTIFIC CORP. AND SHALL NOT BE REPRODUCED, DISTRIBUTED, DISCLOSED OR USED FOR ANY OTHER PURPOSE WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN CONSENT OF BOSTON SCIENTIFIC CORP.

Boston Scientific
 Calibration Request Form
 80120228 Rev/Ver. A/C
 Page 1 of 1

Section I: IMET Inspection, Measurement and Test Equipment Description

Check the corresponding tools that best describe the instrument being used:

<input type="checkbox"/> Anvil Gage	<input type="checkbox"/> Flow Meter	<input type="checkbox"/> Load Head	<input type="checkbox"/> Force Gages	<input type="checkbox"/> Thread Plug Gage
<input type="checkbox"/> Angle Meter	<input type="checkbox"/> Fluid Controller	<input type="checkbox"/> Load Cell	<input type="checkbox"/> Pressure Gages	<input type="checkbox"/> Step
<input type="checkbox"/> Autoclave	<input type="checkbox"/> French Gauge	<input type="checkbox"/> Load Tester	<input type="checkbox"/> Pressure Transducer	<input type="checkbox"/> Tissue Meter
<input type="checkbox"/> Bore Gauge	<input type="checkbox"/> Intra-Cath Catheter	<input type="checkbox"/> Micrometer	<input type="checkbox"/> RTI	<input type="checkbox"/> Tissue/Endometrial
<input type="checkbox"/> Boreliner	<input type="checkbox"/> Insulin Measurement Syr.	<input type="checkbox"/> Microscope	<input type="checkbox"/> Respirometry Meter	<input type="checkbox"/> Tissue/Endometrial
<input type="checkbox"/> Blank Body	<input type="checkbox"/> Intra-Cath Catheter	<input type="checkbox"/> Mic. Temperature	<input type="checkbox"/> Ruler	<input type="checkbox"/> Ultrasonic Measurement Syr.
<input type="checkbox"/> Bore/Tissue	<input type="checkbox"/> Gas Gage	<input type="checkbox"/> Relative Analyzer	<input type="checkbox"/> Ring Gage	<input type="checkbox"/> Ultrasonic Indicator
<input type="checkbox"/> Color	<input type="checkbox"/> Gage Block	<input type="checkbox"/> Resonance Test Stand	<input type="checkbox"/> RTD	<input type="checkbox"/> Vacuum Gage
<input type="checkbox"/> Chart Recorder	<input type="checkbox"/> Graph Block Set	<input type="checkbox"/> Ruler	<input type="checkbox"/> Ruler	<input type="checkbox"/> Vacuum Meter
<input type="checkbox"/> Controller	<input type="checkbox"/> Industrial Gage	<input type="checkbox"/> Oscilloscope	<input type="checkbox"/> Scale	<input type="checkbox"/> Vacuum Meter
<input type="checkbox"/> Custom Made Gage	<input type="checkbox"/> Heat Gun	<input type="checkbox"/> Optical Comparator	<input type="checkbox"/> Sealing System	<input type="checkbox"/> Vacuum Indicator
<input type="checkbox"/> Dial Indicator	<input type="checkbox"/> Inspector	<input type="checkbox"/> Coordinate Measurement Sy.	<input type="checkbox"/> Sealed Load Meter	<input type="checkbox"/> Vacuum Indicator
<input type="checkbox"/> Depth Gage	<input type="checkbox"/> Indicator (Gage)	<input type="checkbox"/> Microscope	<input type="checkbox"/> Surface Plate	<input type="checkbox"/> Viscosity
<input type="checkbox"/> Differential Pressure	<input type="checkbox"/> Indicator (Gage)	<input type="checkbox"/> Optical Flatness	<input type="checkbox"/> Tachometer	<input type="checkbox"/> Viscosity Meter
<input type="checkbox"/> Diaphragm	<input type="checkbox"/> Ink and Penetration	<input type="checkbox"/> The Gage	<input type="checkbox"/> Test Method Kit	<input type="checkbox"/> Weight
<input type="checkbox"/> Endometrial	<input type="checkbox"/> Laser Particle Counter	<input type="checkbox"/> Pin Gage Set	<input type="checkbox"/> Temperature Bath	<input type="checkbox"/> Weight Set
<input type="checkbox"/> Environmental Chamber	<input type="checkbox"/> Laser Plotometer	<input type="checkbox"/> Pencil	<input type="checkbox"/> Tensile	<input type="checkbox"/> Other (List Below)
<input type="checkbox"/> Force Gage	<input type="checkbox"/> Laser Shear Meter	<input type="checkbox"/> Penetration	<input type="checkbox"/> Thermocouple	
<input type="checkbox"/> Flow Meter	<input type="checkbox"/> Load Tester	<input type="checkbox"/> Power Meter	<input type="checkbox"/> Thread Plug Gage	

Section II: IMET Equipment Information

Manufacturer: _____ Production Unit Area: _____
 Model #: _____ Serial Number: _____
 Date: _____ Lot: _____
 Control Name: _____ IMET Equipment ID (if applicable): _____
 MI # if added: MI-____

Section III: IMET Equipment Usage

This device is used for the following application: _____

A measurement device that is used only to make quality based decisions (not production IMET)
 A measurement device that is used under laboratory control to monitor product quality.
 A measurement device that is used only to measure a feature to assess conformance to specifications.
 A measurement device that is used only to control a process parameter where the results cannot be fully verified.
 A measurement device that is used only to control environmental conditions that could impact product quality.
 A measurement device that is not used upon the part of the above stated application.
 Equipment that is not used under any of the above stated applications.

Boston Scientific
 Calibration Evaluation Form
 80120228 Rev. A/C
 Page 1 of 1

Figura 2. Formulario solicitud y evaluación de calibración.

Fuente: Boston Scientific, 2016

Una vez concluida esta etapa se procede a asignar una identificación al instrumento (ID y gravado del mismo) para continuar con su calibración.

2.1.2 Calibración interna

Cuando se evalúan los procedimientos, y se encuentra el equipo fuera del rango de tolerancia, este debe ser ajustado, por el contrario, si presenta algún daño el dispositivo deberá ser enviado donde su fabricante para su correspondiente reparación. En caso de que no sea posible realizar la reparación por algún daño permanente este se declarará fuera de servicio y se abrirá la investigación sobre el impacto que tiene el equipo en el proceso o producto (NCEP).

Contrario a lo anterior, si el equipo al ser calibrado se encuentra dentro del rango de tolerancia, se procederá a realizar un evento de calibración regular y etiquetado del equipo, para que este vuelva a su operación diaria en las líneas de producción.

Como método de atención a cada dispositivo, se cuenta con un procedimiento interno para la identificación de los equipos por parte del Laboratorio de Calibraciones que se muestra en la figura 3.

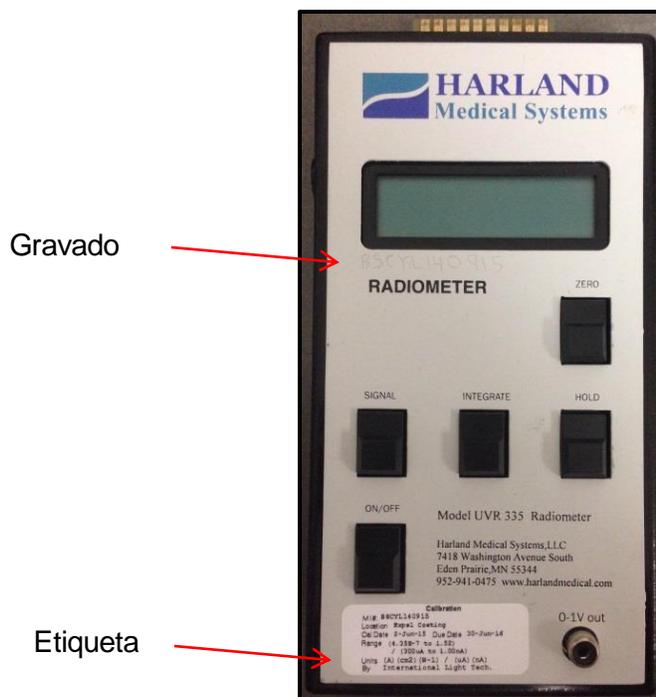


Figura 3. Equipo grabado y etiquetado.

Fuente: Boston Scientific, 2016

En la figura 4, se identifica el flujo de proceso utilizado para las calibraciones internas de la empresa Noston Scientific.

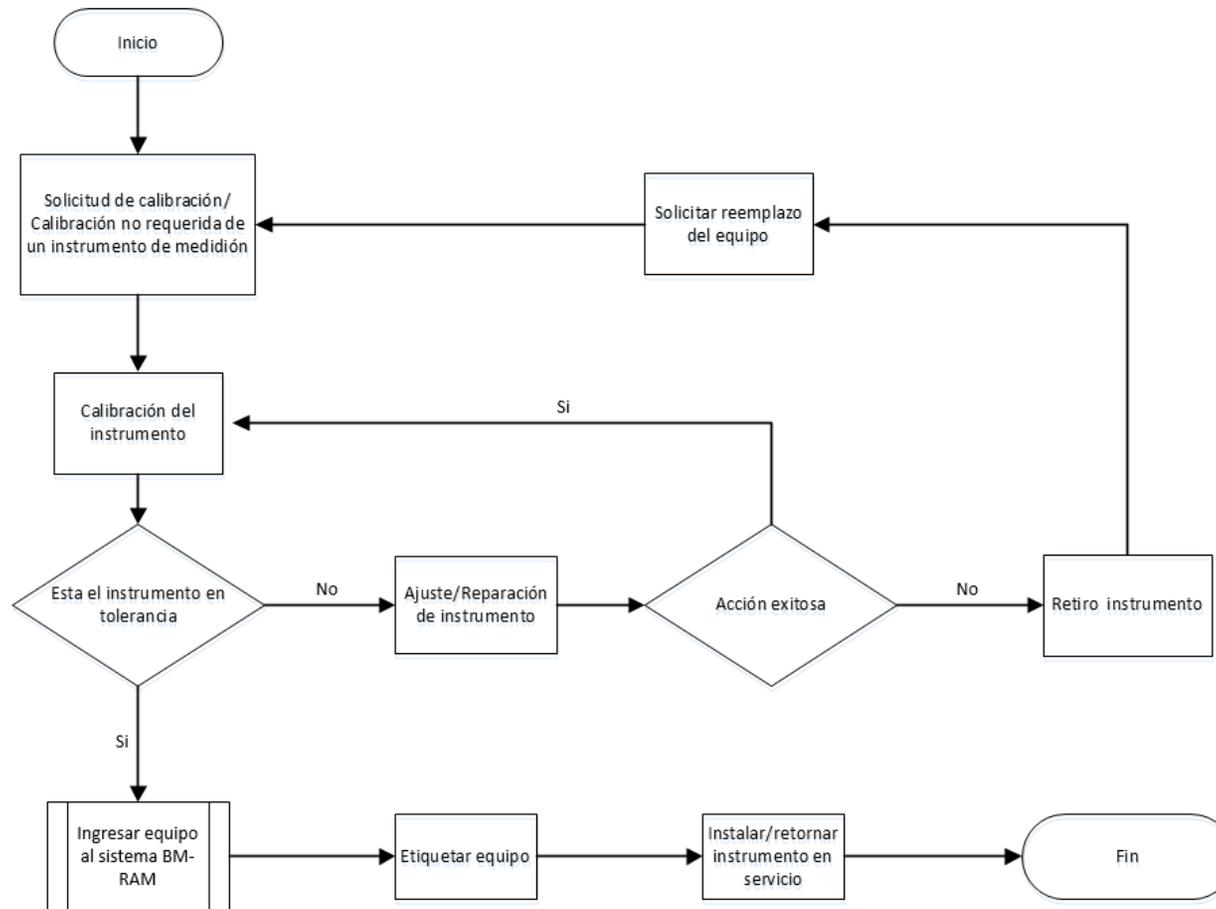


Figura 4. Flujo-grama calibraciones internas

Fuente: Elaboración propia, MS Visio 2010

2.2 Calibración externa

Actualmente el Laboratorio de Calibraciones presenta una serie de limitaciones de operativas y de espacio que dificulta la atención de la totalidad de los equipos por calibrar de la planta, los cuales se mencionan a continuación:

- Disposición de equipos de medida para cuantificar todos los parámetros relacionados con la calidad.
- Todas las medidas en relación con la verificación o calibración del producto, se deben de realizar teniendo en cuenta errores e incertidumbres significativos que sean identificados en el proceso de lectura.
- Falta de patrones adecuados.
- Falta de formación técnica a las personas que desarrollan las funciones de calibración.
- Condiciones medioambientales incorrectas.

Estas restricciones hacen necesario el uso de entidades externas (nacionales o internacionales) para la calibración de estos equipos. Por lo que la empresa Boston Scientific cuenta con un grupo de proveedores certificados para cumplir con este objetivo.

El equipo es enviado al proveedor para su calibración y el mismo es devuelto con su correspondiente documento que certifica el estado en el que se encontró y quedó el equipo antes y luego de la calibración. Según política institucional, si el equipo es encontrado fuera de tolerancia, pero fue posible ajustarlo para que este quede dentro del rango establecido, se procede a abrir la investigación sobre el impacto que tiene el equipo en el proceso o producto (NCEP) y se disminuye su intervalo de calibración para darle seguimiento sobre su comportamiento.

A continuación en la figura 4 se puede apreciar el proceso a seguir para la calibración de los equipos externos:

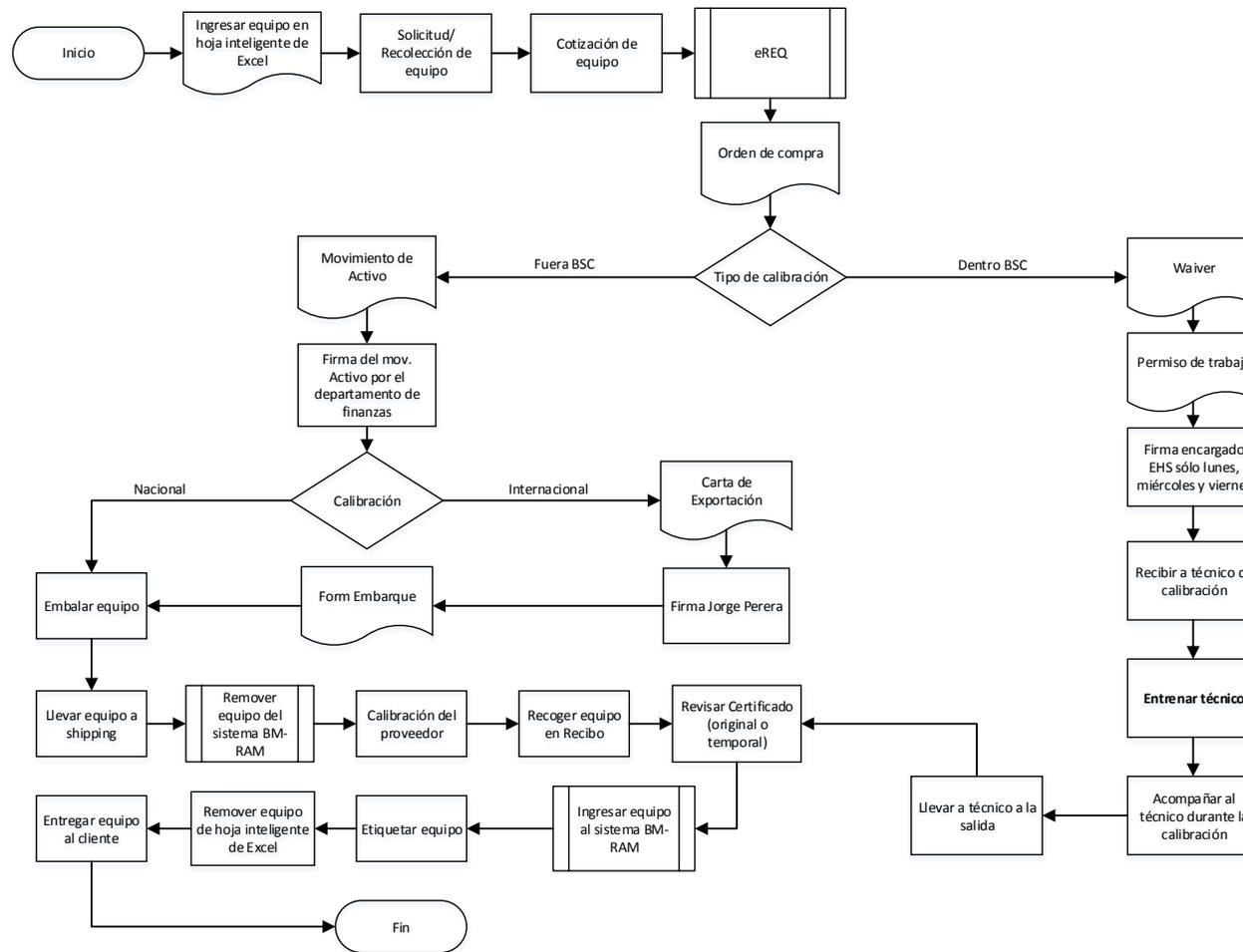


Figura 5. Flujo-grama calibraciones externas.

Fuente: Elaboración propia, MS Visio 2010

Para el control de calibración interna/externa se cuenta con un sistema llamado "Blue Mountain Regulatory Asset Manager" (BM-RAM), en este se ingresa todos los datos de los equipos como lo es el modelo, fabricante, número de serie, lugar al que pertenece el equipo, comentarios, resultados de la calibración, entre otros. Además de lo anterior, este software permite llevar el control de las calibraciones que fueron realizadas y las que aún se encuentran pendientes de cada mes.

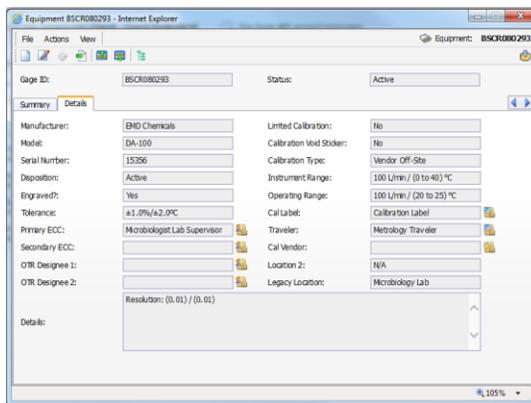


Figura 6. Software BM-RAM

Fuente: Boston Scientific, 2016

Por otro lado, como control visual se tienen las etiquetas de los equipos, estas ayudan a conocer datos propios del dispositivo y los datos de calibración.

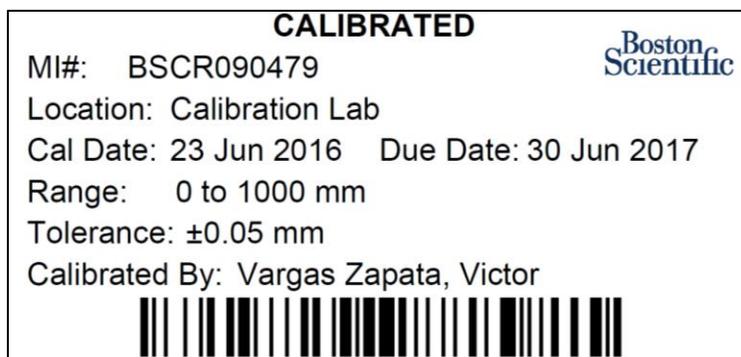


Figura 7. Etiqueta de equipo.

Fuente: Boston Scientific, 2016

3 Justificación del proyecto

Uno de los principales problemas que presenta la empresa Boston Scientific, específicamente con el Laboratorio de Calibraciones, es la falta de trazabilidad del equipo. Actualmente los envíos a calibración externa (fuera de la planta BSC) no cuentan con ningún tipo de herramienta que facilite el seguimiento a los mismos, lo que genera extensa duración de regreso y pérdida del mismo.

Todos los dispositivos cuentan con al menos un respaldo; si se da el caso de que se tenga un equipo en proceso de calibración externa y este se pierda o presente demoras en su ciclo de tiempo, en la línea estará funcionando el respaldo, si este por alguna razón se daña o se le vence la calibración, el equipo primario debería ya estar de regreso en la planta, para enviar el respaldo a reparar/calibrar, o se corre el riesgo de detener la línea de producción y en consecuencia pérdidas monetarias.

Por otra parte, el laboratorio actual cuenta con muy poco espacio distribuido de una manera inadecuada, el mismo posee escritorios muy altos y no ergonómicos, la iluminación es realmente ineficiente, no se tienen designadas áreas específicas para realizar funciones de calibración o espacio que designe equipos por calibrar o ya calibrados, no hay espacio para almacenar las cajas utilizadas para embalar el equipo y se cuenta con una mesa central que no tiene función definida.

El Laboratorio de Calibraciones es fundamental para el correcto funcionamiento de la planta BSC, sin este no se garantiza la calidad, diseño y precisión de los dispositivos médicos generados por la empresa. El envejecimiento de los componentes, el estrés mecánico y cambios de temperatura que soportan los equipos, deterioran poco a poco sus funciones. Al ocurrir esto, las mediciones y ensayos comienzan a perder confianza y esto se refleja tanto en la calidad como en el diseño del producto.

Los técnicos o ingenieros que trabajan en el laboratorio requieren de instalaciones adecuadas y que les permitan realizar su labor de manera adecuada y eficiente. Un laboratorio que cumpla la norma ISO/IEC 17025:2005 garantiza la seguridad de que los productos o servicios que se ofrecen reúnen las especificaciones requeridas.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

4.1.1 Evaluar el diseño actual del laboratorio de calibraciones contribuyendo al mejoramiento de las instalaciones de la empresa Boston Scientific y al aumento de su productividad en los procesos y trazabilidad de sus equipos.

4.2 Objetivos específicos

4.2.1 Diseñar laboratorio de calibraciones que cumpla con lo estipulado en la norma ISO/IEC 17025:2005:

- Condiciones ambientales (Temperatura, humedad, presión atmosférica, ruido, redes eléctricas, polvo).
- Distribución del laboratorio de calibraciones.
- Iluminación, espacio de trabajo.
- Herramientas básicas.

4.2.2 Proponer solución para dar trazabilidad a equipos que van a calibración externa.

4.2.3 Analizar si el equipo de calibración y personal de trabajo es suficiente para la demanda de calibraciones y revisiones de equipos.

4.2.4 Diseñar planos sobre las modificaciones de la nueva propuesta del Laboratorio de Calibraciones.

4.2.5 Realizar un análisis económico para el rediseño propuesto del laboratorio de metrología, compra de patrones y herramientas necesarias para un trabajo eficiente.

5 Metodología

El presente proyecto se establece como uno de tipo aplicado y descriptivo (Sampieri, 2003). Se dice que es aplicado debido a que el fin del estudio es resolver un problema y brindar soluciones, adicionalmente se considera descriptivo porque busca especificar características de un sistema.

5.1.1 Fuentes de información

- Libros
- Normas
- Reglamentos
- Criterios de expertos
- Proyectos de graduación

5.1.2 Fuentes secundarias

- Catálogos
- Sitios web
- Bases de datos (TEC, elibro, kvoel, entre otros)

5.1.3 Etapa 1: Reconocimiento del laboratorio de calibraciones.

- Capacitarse en la norma ISO/IEC 17025:2005 sobre requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- Visitar el laboratorio para comprender su funcionamiento.
- Determinar los requerimientos necesarios y faltantes del actual laboratorio.
- Conversar con los técnicos e ingeniero para profundizar los problemas y necesidades existentes.
- Definir las fallas con respecto al diseño actual del laboratorio.
- Conocer sobre el proceso de calibración externa.

5.1.4 Etapa 2: Desarrollo.

- Medición de temperatura, humedad, luminosidad, nivel de polvo, entre otros.
- Visitar otros laboratorios de calibración con el fin de comprender y generar ideas del rediseño del laboratorio para Boston Scientific.
- Determinar de manera visual, la posible distribución del nuevo laboratorio.

- Determinar equipo crítico que debe ser calibrado.
- Realizar análisis sobre la demanda de calibraciones que debe ser realizadas con respecto a la cantidad de personal que debe llevarlas a cabo.
- Proponer herramienta que tenga la capacidad de brindar control y trazabilidad del equipo de calibración externa.

5.1.5 Etapa 3: Interpretación de datos.

- Analizar los resultados obtenidos en la etapa 2.
- Comparar lo analizado con lo que se espera en el nuevo laboratorio de calibraciones.
- Reunirse con el área de metrología para exponer la situación actual del laboratorio y lo que se espera del nuevo diseño y herramienta de trazabilidad de equipos propuesta.

5.1.6 Etapa 4: Diseño del nuevo laboratorio y herramienta para dar trazabilidad a los equipos.

- De acuerdo a los resultados de la etapa 2 y 3, aplicar las mejoras al nuevo diseño.
- Generar planos de la nueva distribución del laboratorio de calibraciones.
- Realizar planos de iluminación necesarios para cumplir con los requerimientos de la norma.
- Presentar los planos a la gerencia y obtener retroalimentación (en caso que se deban realizar cambios).
- Presentar la herramienta diseñada para dar trazabilidad a los equipos.

5.1.7 Etapa 5: Análisis económico y presentación del proyecto.

- Realizar análisis económico sobre el costo del nuevo laboratorio.
- Presentar proyecto final ante la gerencia del área de Calidad.

6 Alcance

Con la propuesta que se pretende implementar, la empresa se vería beneficiada de la siguiente manera:

- Laboratorio de calibración que cumpla con las normas correspondientes para su certificación y funcionamiento de calidad, como la temperatura, humedad, luminosidad, áreas de trabajo ergonómicas, entre otros.
- Aumento de productividad por parte de operarios, ingenieros y técnicos.
- Trazabilidad del equipo que debe de calibrarse.
- Cantidad de equipo y personal requerido para cumplir con las demandas de trabajo.
- Laboratorio de calibraciones ergonómico.
- Análisis económico sobre la creación del nuevo laboratorio, personal y equipo requerido para satisfacer demanda de calibraciones.
- Todo se llevará a cabo bajo un estricto procedimiento, haciendo que el proceso se realice de una manera más expedita y eficiente, cumpliendo con la calidad que demanda el mercado.
- La organización de los elementos, la limpieza en el área de trabajo, el orden en las instalaciones y su identificación visual facilita las labores, generando un ahorro significativo de tiempo.

7 Limitaciones

Dentro de las limitaciones encontradas se tienen las relaciones laborales con los colaboradores del proyecto. De alguna manera el personal presenta oposición a la implementación del programa por el desconocimiento que existe y al cambio cultural que podrían experimentar o también por la idea de que se estarían sobrecargando sus labores. Además, todos los aspectos anteriores podrían requerir de tiempo, por lo que se puede convertir en un obstáculo.

Otra limitante presentada radica en las complicaciones de acatamiento de órdenes entre los que realizan el proyecto y los colaboradores. Dada la juventud y falta de experiencia de los mismos, los técnicos, operarios y demás personas involucradas en el proceso, en muchas ocasiones consideran que las ideas presentadas en el actual documento no representan valor.

Las soluciones que se pondrían a prueba se basan en la realización de reuniones y charlas que permitan instruir al personal de la empresa, con el objetivo de que conozcan la metodología, entiendan la importancia que representa la implementación del proyecto y además tengan contacto con el facilitador para crear un clima de confianza y credibilidad. Es importante darle un seguimiento constante a los colaboradores encargados de la implantación del proyecto para verificar el cumplimiento de los objetivos, y servir como guía para orientar el camino a seguir. También, con la participación de la gerencia en el proceso, se puede llegar, de una manera más eficiente y completa, a la organización. Por lo tanto, el acatamiento de órdenes, la comunicación y la credibilidad entre el facilitador y los colaboradores se verían notablemente mejoradas.

El laboratorio de calibraciones se encuentra colocado de manera estratégica (cerca del área de producción). La disponibilidad de espacio de este es una de las mayores limitantes, este cuenta con un área de 32, 2 m² y la planta BSC carece de la capacidad de adjudicar un área más grande para el desarrollo del laboratorio.

8 Marco teórico

8.1 Norma ISO/IEC 17025:2005: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

La norma ISO/IEC 17025:2005 determina y establece los requerimientos generales para que los laboratorios de ensayo y calibraciones demuestren que poseen:

- Son técnicamente competentes
- Un sistema de calidad
- Capaces de generar resultados técnicamente válidos

Esta norma no contempla el cumplimiento de seguridad y de requisitos regulatorios relacionados con el funcionamiento del laboratorio.

8.1.1 Campo de aplicación de la norma ISO/IEC 17025:2005

- Aplicable a todos los laboratorios de calibraciones o ensayos sin importar el alcance de los ensayos o la cantidad de personal. Ya sea, laboratorios de primera, segunda y tercera parte, y laboratorios donde la calibración y/o ensayo hacen parte de la certificación e inspección del producto.
- Especifica todos los requisitos generales de competencia para poder llevar a cabo calibraciones y/o ensayos.
- Envuelve la ejecución de calibración y ensayo empleando métodos desarrollados por el laboratorio, normalizados y no normalizados.
- Cubre los requisitos técnicos y de gestión.

8.2 Metrología

La metrología es la ciencia de hacer medidas exactas, esta abarca todo el relacionado con los conocimientos relativos a las dimensiones y determinación de variables físicas tales como, tiempo, fuerza, masa, temperatura, entre otros. (Contreras Aldana & García López, 2010, p. 22)

El término metrología se utiliza ampliamente en el campo técnico para distinguir las mediciones con bases científicas de los desarrollados empíricamente en las prácticas de hace algunos años.

La metrología dimensional es la encargada de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes angulares y lineales, a continuación se puede observar los principales campos que abarca la metrología son:

- Las mediciones
- Los patrones y su unidades de medida
- Los instrumentos de medición

8.2.1 Clasificación de la metrología

La metrología de acuerdo a Contreras Aldana & García López (2010, p. 22), se clasifica según su aplicación en tres distintas categorías:

8.2.1.1 Metrología científica

La metrología científica se encarga de buscar mejores sistemas de medición para lograr un control más confiable y rápido. Adicionalmente se ocupa de determinar las constantes físicas fundamentales, encontrar las características y niveles que definen un fenómeno.

8.2.1.2 Metrología Industrial

La metrología industrial se encarga de las variables físicas en general. Según el tipo de industria y la variable que se desee controlar para un proceso específico de metrología industrial se clasifica en:

- Geométrica
- Dimensional
- Eléctrica
- Termodinámica
- Química

8.2.1.3 Metrología legal

Encargada de asesorar las empresas buscando aplicar las normas nacionales e internacionales a todos los procesos de desarrollo, diseño, producción y control de procesos en general. Además regula la legislación de las medidas y pesas. En esta categoría se encuentra el Centro de Control de Calidad y Metrología (CCCM).

8.3 Calibración

La calibración se define según Solé (2008) como "Proceso de comparación periódica entre uno o varios instrumentos de exactitud no verificada, con un instrumento de medida patrón o un sistema de exactitud conocida, con el objetivo de asegurar una exactitud especificada trazable según normas internacionales". (p. 2)

En este sentido la calibración es la actividad de control de calidad más importante dentro de las mediciones, debido a que establece la relación del valor medido por un equipo con un valor real, brindando validez y trazabilidad a la medición.

8.4 Características de los equipos de medida

Cada aplicación de un equipo de medida necesita de exactitud y distintas prestaciones. Si se quisiera exigir mayor confianza a la medida que la necesaria, el coste del proceso de medida se vería incrementado de manera sustancial. Por tanto, debe hacerse a partir del conocimiento de las características, tanto estáticas como dinámicas, que definen el funcionamiento de estos equipos. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 6)

8.4.1 Trazabilidad

La trazabilidad debe ser considerada en los programas de calibración. Según la Piñeiro (2000) la trazabilidad se define como "Propiedad del resultado de una medida o de un patrón que le permite relacionarlo con referencias determinadas, generalmente nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones todas ellas con incertidumbres determinadas". (p. 28)

Con el uso continuo de los instrumentos de medición, la exactitud y precisión de la medición, varía gradualmente, esto es debido al desgaste de sus partes o por interferencias causadas por la acumulación de mugre y polvo, por lo que es necesario validarla por medio de calibraciones y corregir en caso de ser necesario.

Cada equipo debe ser calibrado de acuerdo a las condiciones de operación, haciendo uso de procedimientos descritos en las instrucciones específicas del manual de operación del equipo.

En el momento de la ejecución de los programas de calibración se efectúan distintos tipos de calibraciones cuya complejidad y aplicación puede variar de acuerdo a las circunstancias y objetivos establecidos. Sin embargo es vital que en las calibraciones se consideren los siguientes aspectos:

- Procedimientos establecidos y validados
- Trazabilidad de los estándares o materiales de referencia
- Programación y documentación de los resultados

8.4.2 Rango de medida

Define los valores mínimos (límite inferior) y máximos (límite superior) de lectura para los cuales el equipo fue diseñado. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 7)

8.4.3 Alcance

Se define como la diferencia entre el valor mínimo y máximo de la variable de entrada del instrumento de medida. Importante resaltar que muchos equipos poseen un alcance que puede ser ajustado según los requisitos de la señal. En este caso el alcance puede no coincidir con los valores que definen su rango. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 7)

8.4.4 Fondo de escala (full scale reading)

Máximo valor que puede medir el instrumento o del que se obtiene la lectura. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 7)

8.4.5 Exactitud

Hilario & Carbonell (2001) dijeron que exactitud " Es la capacidad de un equipo de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida. Para expresar esto, se indica el intervalo dentro del cual puede recaer el valor real del mensurando ". (p. 7)

Es importante no confundir exactitud con precisión, ambos términos presentan significados distintos y mezclarlos puede generar errores en un parámetro para la elección de un equipo u otro.

8.4.6 Precisión o fidelidad

Es la cualidad que caracteriza la capacidad del instrumento de medida para dar el mismo valor de magnitud al medir varias veces en unas mismas condiciones. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 8)

Los equipos con alta precisión implican que, al ser tomadas muchas medidas, la dispersión en éstas es mínima. Por lo que es posible observar que la precisión no guarda ninguna relación con el término exactitud.

8.4.7 Repetitividad

La repetitividad tiene un significado similar a la fidelidad, si bien se entiende ahora que las medidas son realizadas en un periodo de tiempo corto y, por tanto, en unas condiciones ambientales similares. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 8)

8.4.8 Tolerancia

La tolerancia según explica Hilario & Carbonell, (2001) es:

Un término íntimamente relacionado con la exactitud y define el máximo error esperado en cierto valor. Esta no es una característica estática del instrumento de medida. La tolerancia, cuando se emplea de forma apropiada, hace en realidad referencia a la desviación de un producto fabricado respecto a un valor especificado. (p. 8)

8.4.9 Desplazamiento

Un desplazamiento en la medida se produce cuando existe un error constante sobre todo el rango de medida. Este error generalmente puede ser eliminado por medio de un procedimiento de ajuste (ajuste de cero). (Hilario & Carbonell, 2001, p. 8)

8.4.10 Linealidad

Generalmente se desea que la lectura de los equipos de medida sea linealmente proporcional a la cantidad medida. Esto significa que debe ser posible trazar una línea recta, que haga corresponder cada valor de la cantidad medida con la lectura de salida. La no

linealidad del equipo queda definida como la máxima desviación (o residuo) de las lecturas respecto a dicha recta. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 9)

8.4.11 Sensibilidad de a medida

La sensibilidad de la medida es la variación relativa de la salida del instrumento frente a un incremento en la cantidad medida. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 9)

8.4.12 Sensibilidad ante perturbaciones

Hilario & Carbonel (2001) dijo:

Todas las especificaciones indicadas en la hoja del fabricante, o bien obtenidas por calibración de un equipo de medida, sólo son válidas para condiciones normales controladas de temperatura, presión, etc. Si tienen lugar cambios en esas condiciones, las características estáticas del instrumento pueden sufrir variaciones. Estas alteraciones pueden modificar las características del instrumento de dos formas:

- Deriva de paso por cero (zero drift/offset): Se trata de una lenta variación con el tiempo del valor de paso por cero. Este cambio generalmente tiene lugar como consecuencia de una variación de temperatura. El efecto que trae asociado es un desplazamiento en la lectura.
- Deriva de la sensibilidad (sensitivity drift/scale factor drift): es la variación que tiene lugar en la sensibilidad del instrumento como consecuencia de un cambio en las condiciones ambientales. (p. 9)

8.4.13 Zona muerta

La zona muerta de un instrumento se define como el rango de entrada para el cual no se obtiene lectura en la salida. Todo instrumento con histéresis va a presentar (en promedio) también zona muerta. Otros equipos, aún sin tener histéresis, pueden presentar zona muerta. (Hilario & Carbonell, 2001, p. 10)

Las condiciones de laboratorio normalizadas que generalmente se tienen en cuenta para su funcionamiento son:

8.4.14 Temperatura

Las precisiones de medición deben ser realizadas bajo ciertas condiciones, una de las cuales guarda relación con la temperatura ambiente, la norma ISO proporciona la temperatura de referencia de 20 °C, que es la indicada para los laboratorios y salas de calibración en las que se lleven a cabo medidas de gran precisión. (Piñeiro, 2000, p. 28)

8.4.15 Humedad

En los laboratorios según MetAs (2005, p. 4), la humedad relativa debe ser mayor a 45% a 20 °C; debido a que si no se mantiene ese límite este puede conllevar a la aceleración de la oxidación de los instrumentos.

8.4.16 Red eléctrica

La variación de entrada en los equipos puede alterar las medidas eléctricas, por lo que las variaciones de la tensión de la red deben limitarse. (Contreras Aldana & García López, 2010, p. 24)

Según MetAs (2005, p. 5), las variación de tensión de línea deben ser menores al $\pm 10\%$ de la tensión de línea (en este caso 120 V). Lo que quiere decir que las salidas de voltaje no pueden superar los 132 V o ser menores que 108 V.

8.4.17 Partículas

El número de partículas debe de controlarse para, debido a que su presencia puede modificar el comportamiento de la luz al atravesar el aire. (Contreras Aldana & García López, 2010, p. 24)

MetAs (2005, p. 3) explica que para los laboratorios de calibraciones las partículas en el aire deben ser:

- *Número de partículas* $< 7 \cdot 10^6 \frac{\text{partículas}}{\text{m}^3}$ (para tamaño de partículas mayores a 1 μm)

- *Número de partículas* $< 4 \cdot 10^7 \frac{\text{partículas}}{\text{m}^3}$ (para tamaño de partículas mayores a 0,5 μm)

8.4.18 Vibración

Además de generar incomodidad para las personas que están expuestas en el laboratorio, puede falsear resultados en las mediciones realizadas por procedimientos mecánicos, un claro ejemplo de esto se da en las máquinas para medir coordenadas. (Contreras Aldana & García López, 2010, p. 24)

MetAs (2005, p. 5) dice que el análisis de vibraciones se debe hacer siempre y cuando se realice tareas de calibración dimensional, ópticas, presión, aceleración, fuerzas y masas. Por lo que los requerimientos son:

- Desplazamiento $< 0,25 \mu\text{m}$ @ 0,1 Hz a 30 Hz (condiciones de reposo exterior causadas por paso de vehículos, paso de personas).
- Aceleración $< 0,001 \text{ g}$ @ 30 Hz a 200 Hz (tuberías, aires acondicionados).

8.5 Niveles de iluminación y sus conceptos

Para hablar de iluminación es necesario es necesario y entender que debe existir en una fuente luminosa y un cuerpo a iluminar, por lo que según Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de trabajo (1998, pg. 1) explica que dentro de las actividades que realiza el hombre a lo largo de su vida, una de las que ocupa la mayor parte de ella, no sólo es el tiempo sino también en el espacio es el trabajo. En este sentido la actividad, para que pueda desarrollarse de una forma eficaz, precisa que la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, debido a que se considera que el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tienen como origen primario la luz. Un tratamiento adecuado del ambiente visual permite incidir en los aspectos de:

- Seguridad
- Confort
- Productividad

La integración de estos tres aspectos comportará un trabajo cómodo, seguro y eficaz.

8.5.1 La luz

Es una forma concreta y particular de energía que se deslaza o propaga, no a través de un conductor (como la energía eléctrica o mecánica) sino por medio de radiaciones, es decir, de perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio; es, o se conoce "energía radiante". La clasificación más utilizada sin embargo es la que se basa en las longitudes de onda (Figura 7). En dicha figura se puede observar que las radiaciones visibles por el ser humano ocupan una franja muy estrecha compartida entre los 380 y los 780 nm. Podemos definir la luz como una radiación electromagnética capaz de ser detectada por el ojo humano normal. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de trabajo, 1998, p. 2)

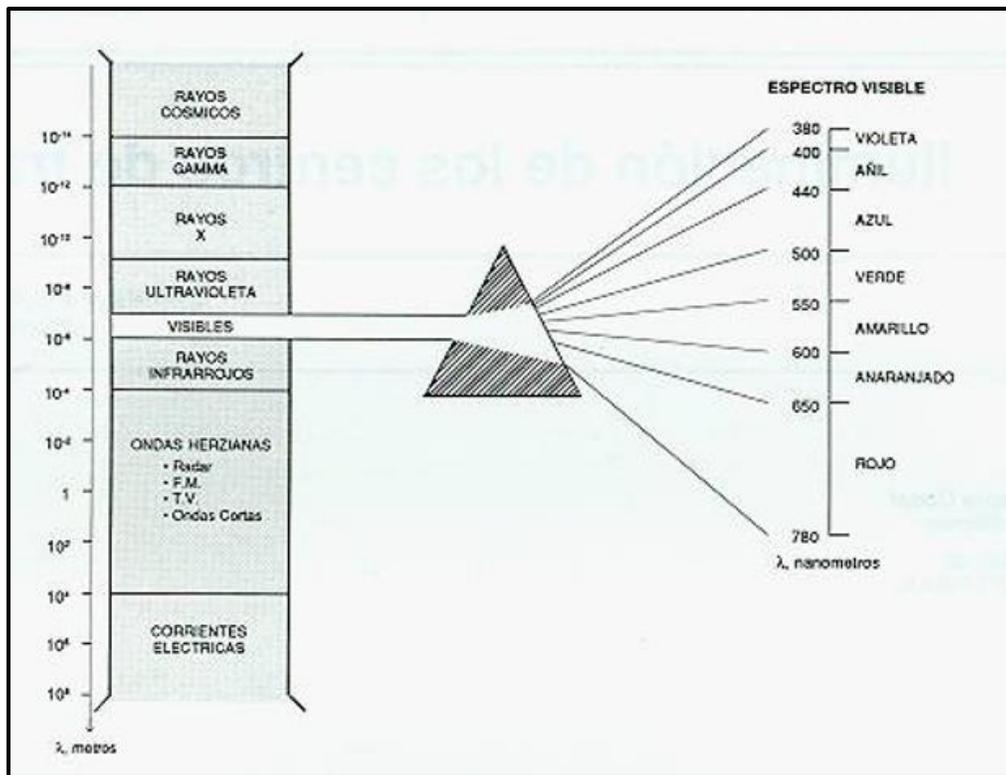


Figura 8. Espectro electromecánico.

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de trabajo, 1998, p. 2)

8.5.2 La visión

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de trabajo (1998, p. 2) la visión es el proceso por medio del cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de

generar sensaciones. El órgano encargado de realizar esta función es el ojo, el cual está conformado por:

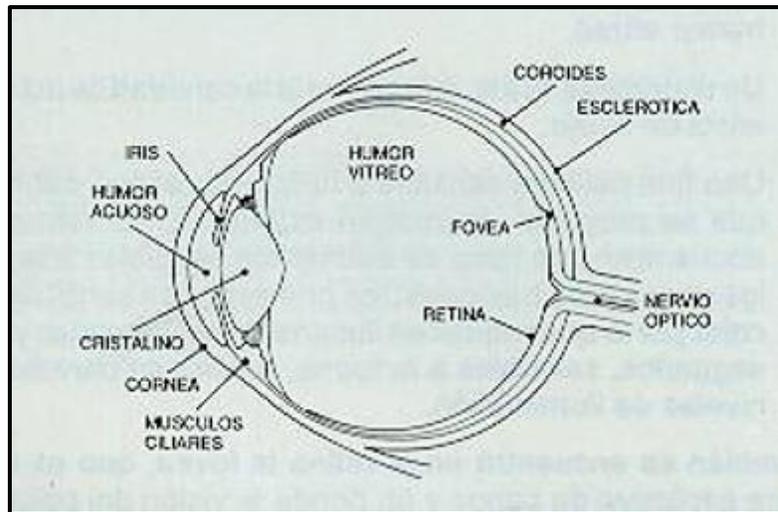


Figura 9. Estructura ojo humano

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de trabajo, 1998, p. 2)

En relación a la visión se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Sensibilidad del ojo
- Agudeza visual o poder separador del ojo
- Campo visual

8.5.2.1 Sensibilidad del ojo

Es el aspecto más importante relativo a la visión y varía de un individuo a otro. Si el ojo humano percibe una serie de radiaciones comprendidas entre los 380 y los 780 nm, la sensibilidad será baja en los extremos y el máximo se encontrará en los 555 nm. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de trabajo, 1998, p. 2)

8.5.2.2 Agudeza visual o poder separador del ojo

De acuerdo al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de Trabajo (1998, p. 3) es la facultad del ojo de apreciar dos objetos más o menos separados. Y se define como el mínimo ángulo bajo el cual se pueden distinguir dos puntos distintos al quedar separadas sus imágenes y es mayor cuando es más intensa ésta.

8.5.2.3 Campo visual

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de Trabajo (1998, p. 3) dice que el campo visual es la parte del entorno que se percibe con los ojos, cuando éstos y la cabeza permaneces fijos. A efectos de mejor percepción de los objetos, el campo visual se puede dividir en tres partes:

- Campo de visión neta: Visión precisa.
- Campo medio: se aprecian fuertes contrastes y movimiento.
- Campo periférico: Se distinguen los objetos si se mueven.

8.5.3 Flujo luminoso

Cantidad de energía luminosa irradiada por una fuente en cada segundo, es decir la potencia de la energía luminosa radiada por la fuente (eficiencia energética). Unidad: lumen (lm). (Acuña Acosta, 2015, p. 23)

8.5.4 Intensidad luminosa

Es una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido estéreo-radián. Unidad: candela (cd), (Acuña Acosta, 2015, p. 23)

8.5.5 Iluminancia o nivel de iluminación

Flujo de un lumen que recibe una superficie de un metro cuadrado. Unidad: lux. (lx). (Acuña Acosta, 2015, p. 23)

8.5.6 Luminancia

Intensidad de una candela por unidad de superficie. Unidad: candela por metro cuadrado (cd/m²). (Acuña Acosta, 2015, p. 23)

8.5.7 Factor de reflexión

Se define como la relación entre el flujo luminoso reflejado por una superficie (luminancia), entre el flujo luminoso incidente (Flujo reflejado/Flujo incidente). (Acuña Acosta, 2015, p. 23)

8.5.8 Fuentes de iluminación

Según Sibaja (2002, p. 124) las necesidades lumínicas dependen de tres distintos factores:

- I. La naturaleza de la tarea: hay tareas que tienen una exigencia visual mayor que otras, esto hace que cada tipo de trabajo requiera condiciones de iluminación específicas, desde trabajos que pueden ser desarrollados con iluminación artificial, hasta trabajos que requieren mayor luminosidad por su precisión.
- II. La agudeza visual del trabajador: la iluminación debe adaptarse a los requerimientos individuales, ya que las capacidades visuales de cada persona son diferentes. Le edad es un factor crítico, ya que un trabajador de edad madura requerirá más luz que uno joven.
- III. Las condiciones ambientales en las que se realiza el trabajo: en este aspecto se debe tomar en cuenta el estado en que se encuentran las fuentes de iluminación artificiales y naturales, el tipo de luminaria, la ubicación, el mantenimiento y la limpieza de las lámparas, la existencia de brillo o resplandor en las áreas de trabajo y fondo visual para ejecutar la tarea.

9 Descripción del proyecto

Actualmente Boston Sicientific se encuentra como empresa líder a nivel nacional en dispositivos médicos. Gracias a sus altos estándares de calidad, innovación, diversidad, alto desempeño, orden, limpieza, entre otros; logra ganar el premio Shingo 2015. Con la finalidad de seguir cumpliendo con todos estos estándares y continuar superándose día a día, se detecta la necesidad de rediseñar laboratorio de calibración, debido a que, este no es apropiado para continuar cumpliendo con estos ideales.

Una de las problemáticas que el laboratorio presenta, es la cantidad inadecuada de equipos, no existe respaldo de ellos, lo que dificulta su calibración porque implica detener la producción, ocasionando que la calibración deba ser realizada fuera de la jornada normal de trabajo, teniéndose que pagar horas extras o enviar los instrumentos a laboratorios de calibración externos. Otro problema ligado a lo anterior, corresponde a la falta de cultura de los operarios e ingenieros de producción, debido que, estos no se preocupan por la fecha

de vencimiento de los equipos y continúan produciendo con el riesgo de que el producto final sea rechazado.

Otra problemática se debe al mal diseño del área de trabajo del laboratorio, este tiene un diseño en forma de “U” y una mesa en el centro que impiden el flujo de trabajo adecuado, además de mala iluminación y mala distribución de esta, falta de herramientas básicas y equipos de calibración para el trabajo en conjunto de los técnicos, ausencia de mantenimiento a patrones de calibración, entre otros.

El tiempo es un factor crucial para poder cumplir con las calibraciones establecidas de los equipos y no detener la producción. Se estima que al año se deben de calibrar aproximadamente 8172 equipos y cada una de las calibraciones debe ser revisada para determinar si cumple con los estándares para volver a operar en el área de producción. Actualmente el laboratorio cuenta con 5 técnicos y un ingeniero de área, el cual no está dando abasto con todo el trabajo requerido, y en consecuencia, existen equipos con fecha de calibración vencidas, revisiones de calibraciones sin hacer y equipo que debe ser enviado a otros laboratorios nacionales o internacionales para su calibración.

Con este proyecto se desea diseñar un laboratorio que cumpla todos los requerimientos y especificaciones de la norma ISO/IEC 17025:2005 para un desarrollo de calibraciones de calidad y altos estándares. Se propondrá una nueva distribución del laboratorio y rediseño del sistema de luminarias.

Adicionalmente se realizará un estudio para determinar si es necesaria la compra de patrones y herramientas básicas para que los técnicos logren realizar calibraciones en paralelo y tener una eficiente productividad. Para el control del equipo de calibración externa se propondrá una herramienta que brinde conocimiento sobre los datos de los equipos y la trazabilidad de los mismos. Por último se realizará un análisis económico completo sobre la construcción del nuevo laboratorio de metrología.

10 Diagnóstico de la situación inicial

10.1 Calibración externa de equipos nacionales e internacionales.

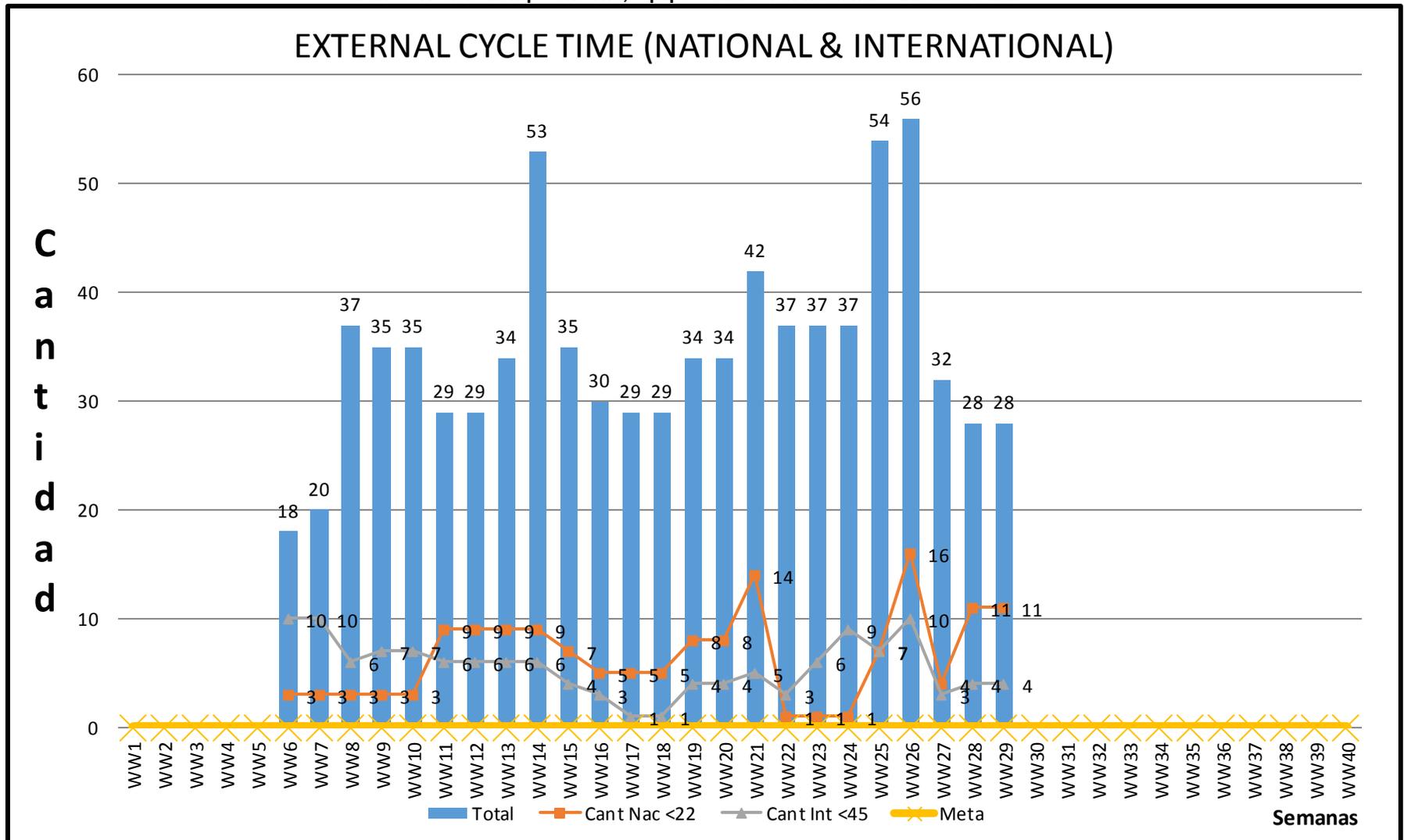
Uno de los problemas principales se debe al equipo de calibración externa (equipo que debe ser calibrado fuera de las instalaciones de BSC). Para los equipos externos nacionales se tiene como fecha límite 22 días y para internacionales 45 días. Esto quiere decir que el equipo desde que llega al laboratorio de calibraciones hasta que finaliza su proceso con la entrega de este ya calibrado al cliente, debe pasar como máximo 22 días y 45 días respectivamente.

El tiempo definido para calibraciones de los equipos externos nacionales e internacionales actualmente presenta grandes dificultades, debido a que no existe ningún tipo de trazabilidad. Esto genera equipo con largos períodos fuera de las instalaciones, falta de documentación, retrasos e inclusive paros en línea de producción.

En el gráfico ,1 se puede apreciar de acuerdo a cada semana del año la cantidad de equipos que se encuentran fuera de la planta por calibración, también se denota la cantidad de equipos nacionales (color naranja) e internacionales (color gris) que no cumplen con el tiempo definido anteriormente, y representan un riesgo para la continuidad de procesos productivos de la empresa. Así también, la meta de no tener ningún equipo que sobrepase el tiempo establecido con anterioridad de 22 y 45 días respectivamente.

Al interpretar el gráfico se puede determinar que no se ha logrado cumplir con la meta de cero equipos de calibración externa con problemas, establecida a lo largo de la semana 6 hasta la 29. Lo que es preocupante por las implicaciones que esto puede conllevar. Se puede apreciar que en la semana 7 y 8 se tiene 20 y 37 equipos en total calibrándose fuera de la empresa, es propiamente en estas semanas donde se presenta la mayor criticidad con respecto a los equipos internacionales, teniendo 10 equipos fuera con más de 45 días. Por otra parte, para la semana 26 que corresponde a la semana con más equipos fuera calibrándose se tiene el momento más crítico con respecto a los equipos nacionales, presentando problemas con 16 de estos con más de 22 días fuera de la planta.

Gráfico 1. Ciclo tiempo externo, equipo calibración nacional e internacional.



Fuente: Boston Scientific, 2016

10.2 Laboratorio de calibraciones

10.2.1 Espacio físico

El laboratorio de calibraciones actualmente presenta una infraestructura no adecuada para el cumplimiento de las labores de manera cómoda, segura y eficaz. El espacio es muy reducido y las mesas utilizadas con gavetas imposibilitan trabajar de manera ergonómica. Por otro lado, la mesa central que además de que quita mucho espacio, no permite en caso de emergencia una evacuación rápida y fluida.



Figura 10. Laboratorio de calibraciones BSC.

Fuente: Elaboración propia, 2016

El laboratorio posee paredes de concreto y piso de cerámica pintados de color blanco; los techos poseen un “techo falso” de escayola y finalmente se cuenta con una ventana que comunica con uno de los pasillos principales de la empresa. Los escritorios actuales son de color gris y cajones aéreos donde se guardan equipos y documentos.



Figura 11. Espacio reducido laboratorio de calibraciones BSC.

Fuente: Elaboración propia, 2016

10.2.2 Acomodo mobiliario y equipo

Según los técnicos, además de la inadecuada infraestructura, el acomodo del mobiliario y equipos utilizados para calibración es inadecuado. Un ejemplo muy claro es el siguiente, actualmente en el laboratorio existen tres salidas de presión de aire, una de estas se encuentra utilizada por un equipo “LabMaster” (equipo muy preciso para la calibración de pines) y las otras dos se encuentran en dos distintas partes del laboratorio. Si uno de los técnicos utiliza una de estas dos salidas sobrantes y un segundo técnico está en el puesto de calibración de torques y un tercer técnico necesita usar la última salida de presión de aire no podrá calibrar, debido a que esta salida se encuentra en la misma estación del puesto de calibración de torques. Esto imposibilita en muchos casos la calibración en paralelo de una misma variable (temperatura, presión, tiempo, variables eléctricas, torques, entre otras).



Figura 12. LabMaster y su toma de presión de aire.

Fuente: Elaboración propia, 2016

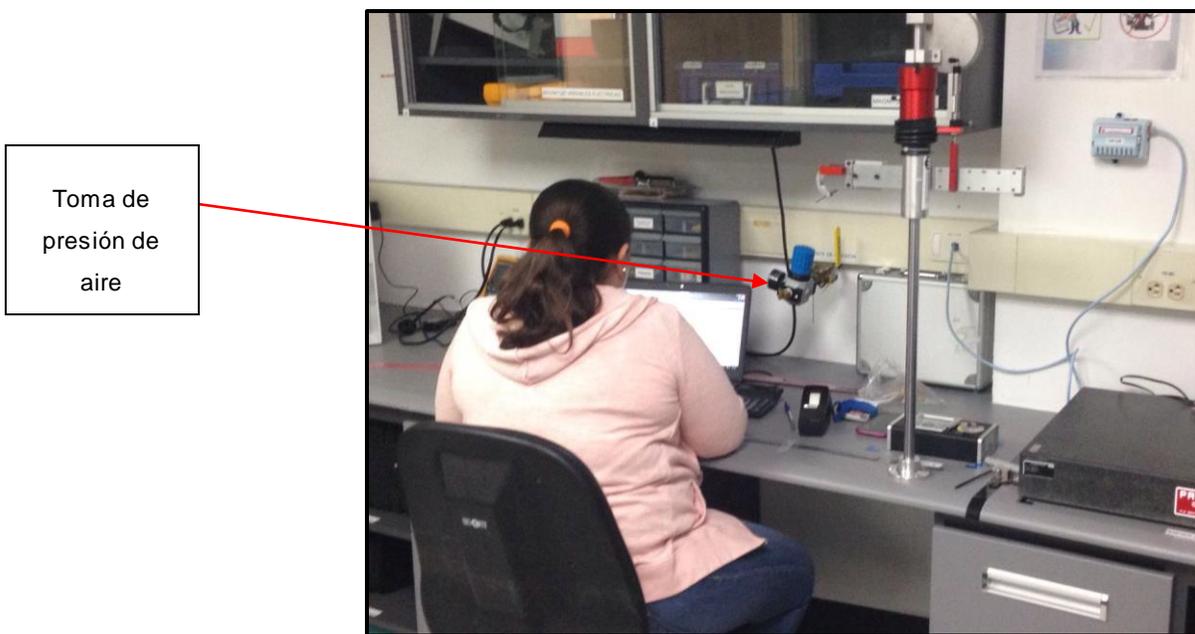


Figura 13. Toma de aire en puesto de calibración de torques.

Fuente: Elaboración propia, 2016

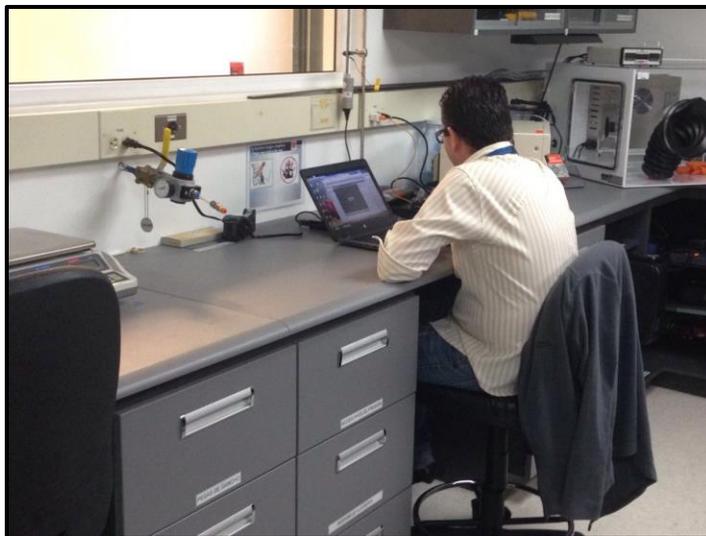


Figura 14. Toma de aire en estación de temperatura.

Fuente: Elaboración propia, 2016

10.2.3 Control ambiental

Según la norma INTE-ISO/IEC 17025 (2005, pg. 19) en los laboratorios de calibraciones se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Las fuentes de energía, condiciones ambientales e iluminación, deben facilitar la realización correcta de los ensayos o calibraciones.
- El laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones.
- El laboratorio debe realizar seguimiento, registrar y controlar las condiciones ambientales según lo requieran los procedimientos, especificaciones y métodos, o cuando estas puedan influir en la calidad de los resultados. Se debe prestar mayor atención al polvo, humedad, suministro eléctrico, temperatura, niveles de ruido y vibración. Cuando las condiciones ambientales comprometan los resultados de las calibraciones, éstas se deben interrumpir.
- Debe existir una separación eficaz entre áreas vecinas en las que se realicen actividades incompatibles. Medida que previene la contaminación cruzada.
- Se deben tomar medidas para asegurar la limpieza y el orden del laboratorio. En caso de ser necesario se deben implementar procedimientos especiales.

10.2.3.1 Iluminación

El laboratorio no presenta ventanas, lo que imposibilita el uso de luz natural y hace que sólo se dependa de la luz artificial; generando una sensación de encerramiento. El no tener acceso a luz natural crea la necesidad de tener una buena iluminación artificial, caso que no se cumple en el laboratorio actual. Según Danilo Arce (2016), (técnico en calibraciones de BSC) la mala luminosidad ocasiona fatiga ocular, dolor de cabeza, cansancio, estrés y accidentes; indica que el grado de seguridad con el que es ejecutado el trabajo depende en muchas ocasiones de la capacidad visual y esta depende, a su vez, de la calidad y cantidad de la iluminación.

Con la ubicación actual de las luminarias y acomodo de las mesas, los técnicos al sentarse generan sombra en su misma área de trabajo. Para conseguir un "mejor nivel de confort visual", los técnicos hacen uso de lámparas que ayuda a aumentar la luminosidad y de esta manera cumplir con el trabajo asignado y reducir posibles riesgos en su salud.

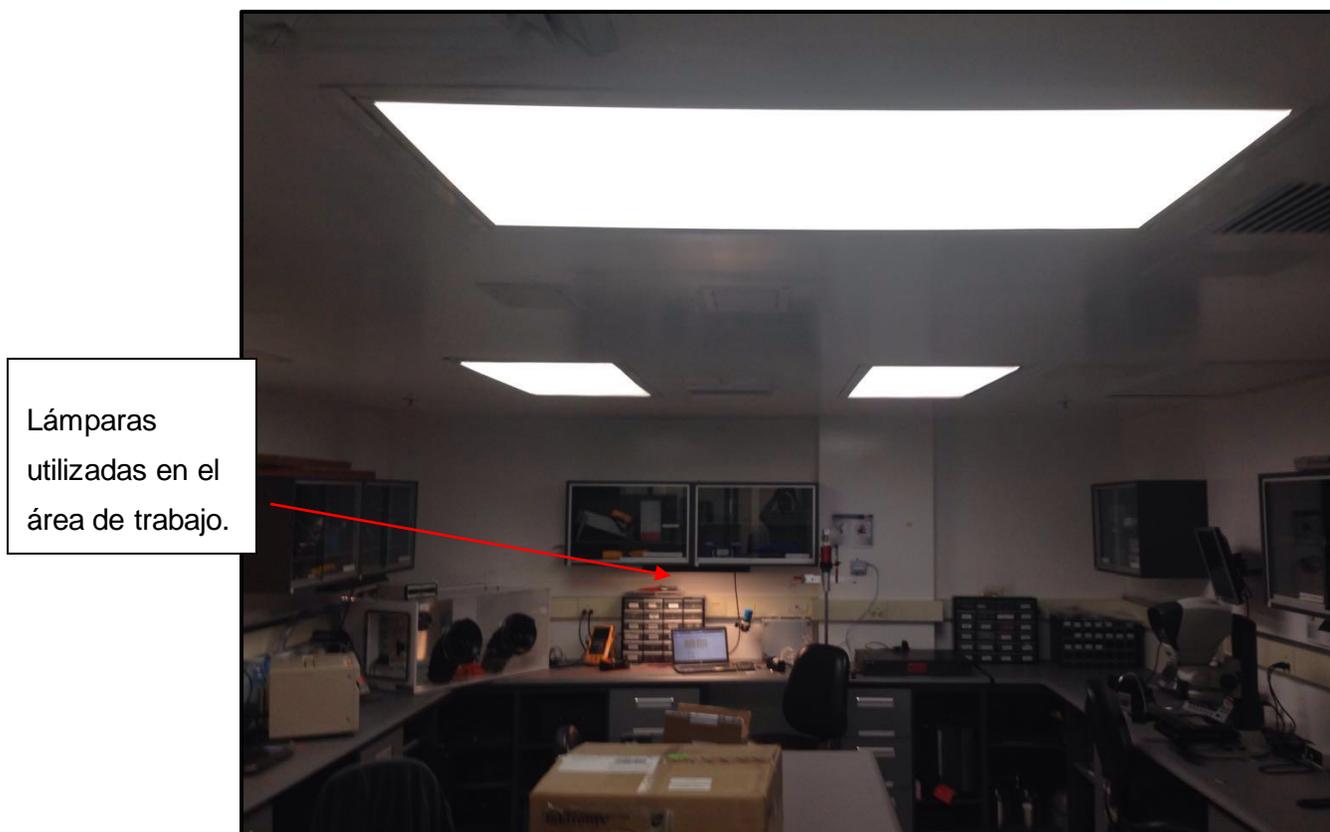


Figura 15. Luminarias laboratorio de calibraciones BSC.

Fuente: Elaboración propia, 2016

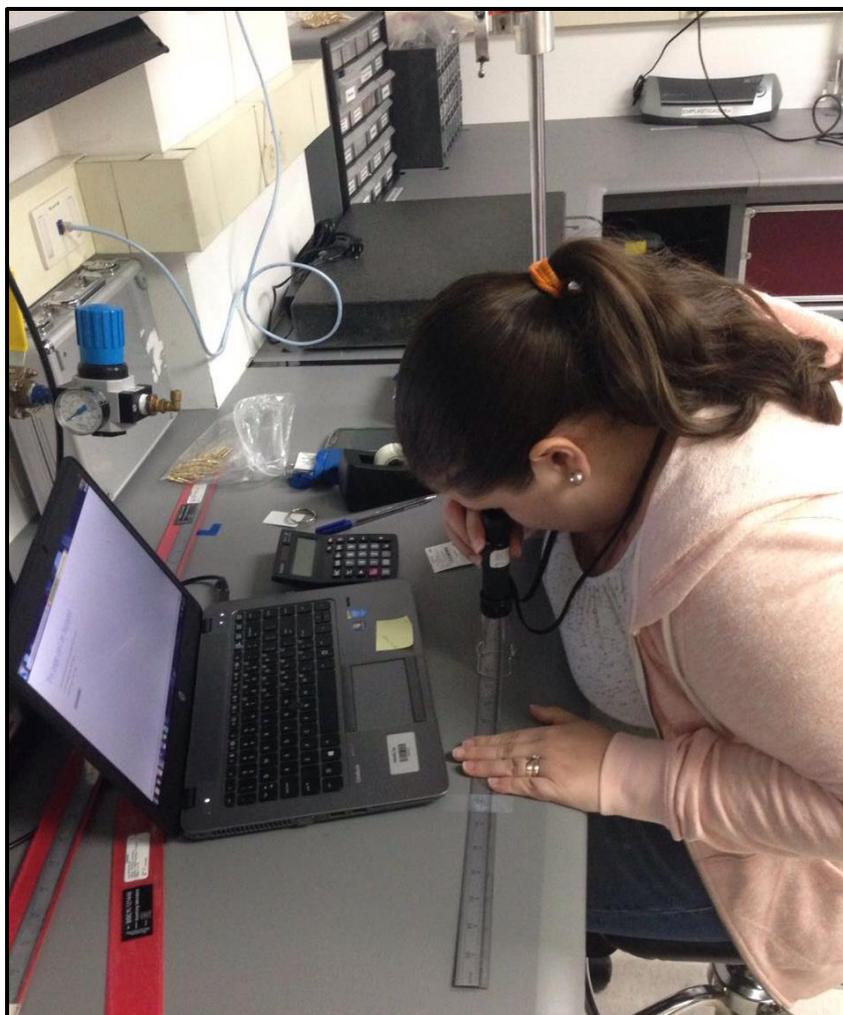


Figura 16. Sombra generada por los mismos técnicos en su área de trabajo.

Fuente: Elaboración propia, 2016

El sistema de iluminación presente es totalmente manual, es decir, sin sensores de movimiento, y permanece en funcionamiento toda la jornada laboral, que es de aproximadamente 12 horas.

Tabla 1. Características de luminarias fluorescentes en Laboratorio de Calibraciones

Características	Especificaciones
Marca	Sylvania
Modelo	22 175 - FO32/765
Potencia	32 W
Vida Útil	25 000 horas
Lúmenes promedio	2 700 lm
Temperatura de Color	6500 K
Índice de Producción Cromática	78 CRI
Diámetro	1,10 in
Largo	47,78 in

Fuente: Sylvania, 2016

10.2.3.1.1 Condiciones que proporcionan una iluminación inadecuada.

Con la ayuda de una encuesta de verificación y mediciones de iluminación, se lograron determinar algunos factores que actualmente proporcionan una iluminación inadecuada. Con la ayuda de la figura 17, diagrama de causa y efecto se analizan las condiciones de mayor influencia negativa con respecto al trabajador e iluminación.

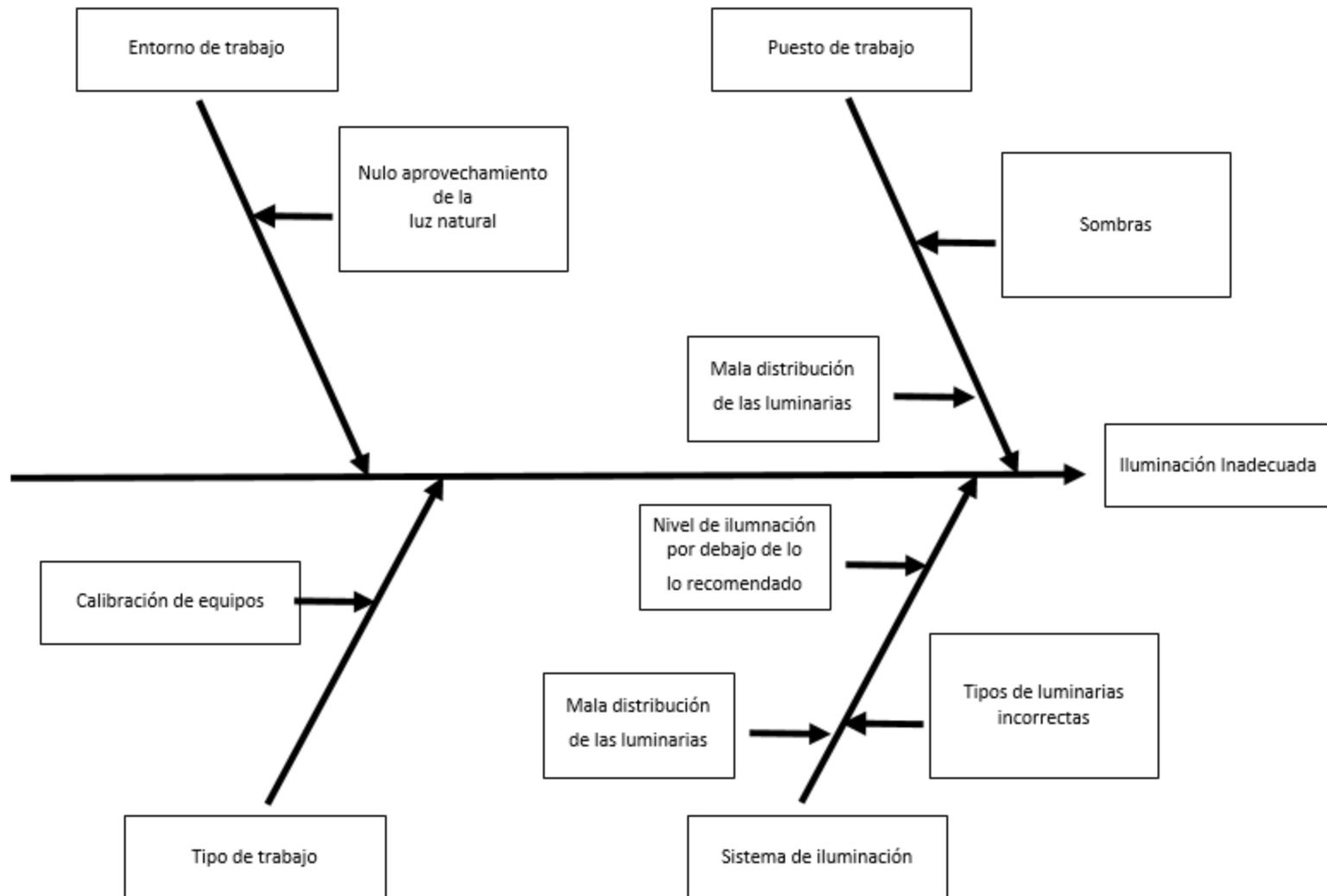


Figura 17. Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word 2016

Como se aprecia en la imagen anterior, el diagrama de causa y efecto permite visualizar claramente las deficiencias y orígenes que posee el sistema de iluminación de la empresa, las cuales se describen a continuación:

Nulo aprovechamiento de la luz natural

El laboratorio de calibraciones se encuentra ubicado de manera estratégica cerca del área de producción. Del todo no se aprovecha la luz natural, esto se debe a que no existe ninguna ventana o tragaluz que comunique el laboratorio con el exterior. Ocasionando en consecuencia que las personas que trabajan en él, no perciban ni tengan noción de los que sucede afuera. Como se comentó anteriormente, la iluminación permanece encendida de manera permanente durante todo el día y parte de la tarde noche, esto hace que el consumo eléctrico de la empresa sea mayor.

Sombras

Muchos de los puestos de trabajo presentan problemas debido a sombras proyectadas en sus áreas de trabajo, esto a consecuencia de la mala distribución de las luminarias, las cuales se encuentran justo detrás de los trabajadores y no les permite observar correctamente su zona de trabajo; ocasionando una exigencia visual en los trabajadores.

Nivel de iluminación por debajo de lo recomendado

Para laboratorios de ensayo y control, la normativa nacional estipula que los niveles de iluminación mínimos deben de ser de 1200 lux, sin embargo en pruebas realizadas, dan a conocer que los niveles en ciertos sectores de trabajo son menores a 247 lux. Esta sección se explicará con mayor detalle más adelante.

Tipo de luminarias

El sistema de luminarias actuales no proporciona los lúmenes precisos en las áreas de trabajo. Demostrando que no se hizo un estudio previo a la construcción del laboratorio tomando en cuenta la tarea por realizar y ubicación del mobiliario.

Mala distribución de las luminarias

El sistema de iluminación existió antes de conocer para qué iba a ser usado el cuarto, cuántas personas y ubicación del mobiliario a disponer en los sectores. Por lo tanto, existen zonas donde personas generan sombras en su propio plano de trabajo.

10.2.3.1.2 Caracterización de los niveles de iluminación

Las mediciones de los niveles de iluminación fueron realizadas el día 05 de octubre de 2016. Las mismas fueron ejecutadas en cada puesto de trabajo en el Laboratorio de Calibraciones, tomando en total 20 mediciones por puesto, 10 mediciones sin la presencia del técnico en el área de trabajo y las otras 10 con presencia del técnico. Se debe tener en cuenta que el laboratorio no presenta ventanas que permitan el paso de la luz solar, por lo que siempre se debe hacer uso de luz artificial.

La normativa seleccionada como referencia para la determinación del nivel de iluminación adecuado según el tipo de tarea desarrollada fue la INTE/ISO 31-08-06 2014, la cual establece que para laboratorios de calibraciones que realicen trabajos finos debe tener como mínimo 1200 lux en el área de trabajo.

Tabla 2. Niveles de iluminación promedio en Laboratorio de Calibraciones actual.

Puesto	Sin Técnico	Con Técnico
	Promedio (lux)	Promedio (lux)
1	150,2	94,4
2	91,8	52,0
3	126,3	29,8
4	67,0	27,5
5	200,6	200,2
6	247,8	216,9

Fuente: Elaboración propia, luxómetro Light Meter 2016

En la figura 18, se puede observar la distribución actual de las áreas de trabajo del laboratorio de calibraciones de BSC.

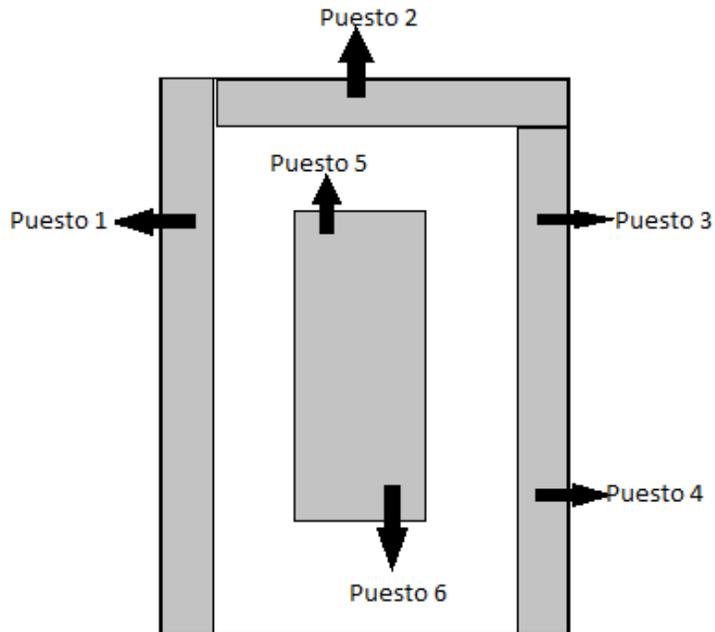


Figura 18. Puestos de trabajo en Laboratorio de Calibraciones actual.

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2015

Como se puede apreciar en la tabla 2, ningún puesto se acerca a la iluminancia mínima establecida por la norma (1 200 lux); esto se debe a la baja capacidad lumínica de las 3 luminarias presentes y la mala distribución de las mismas, como se puede apreciar en la figura 22. Adicionalmente en las siguientes figuras se puede observar que cuando un técnico se sienta en cualquier puesto de trabajo (exceptuando 5 y 6) genera sombra que disminuye en gran medida la iluminancia en el área de trabajo, cabe destacar que los puestos de trabajo en el momento en que el técnico se sienta las luminarias quedan localizadas detrás de los mismos, como se puede ver en la figuras 19, 20 y 21 que se pueden observar a continuación:

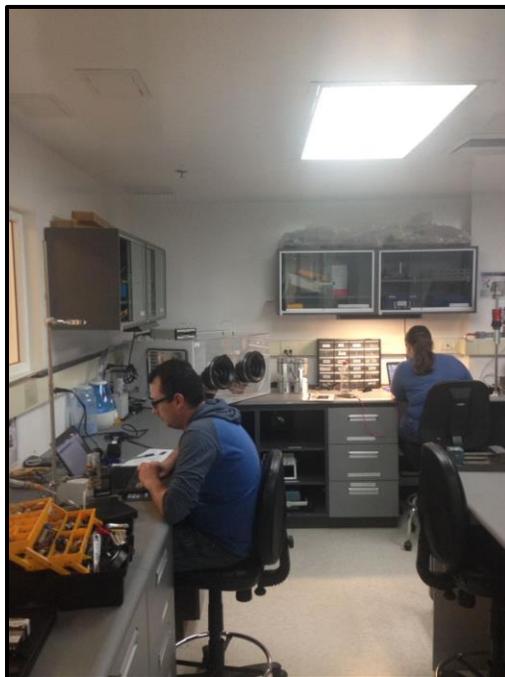


Figura 19. Luminarias ubicadas detrás del área de trabajo, ejemplo 1.

Fuente: Elaboración propia, 2016



Figura 20. Luminarias ubicadas detrás del área de trabajo, ejemplo 2.

Fuente: Elaboración propia, 2016

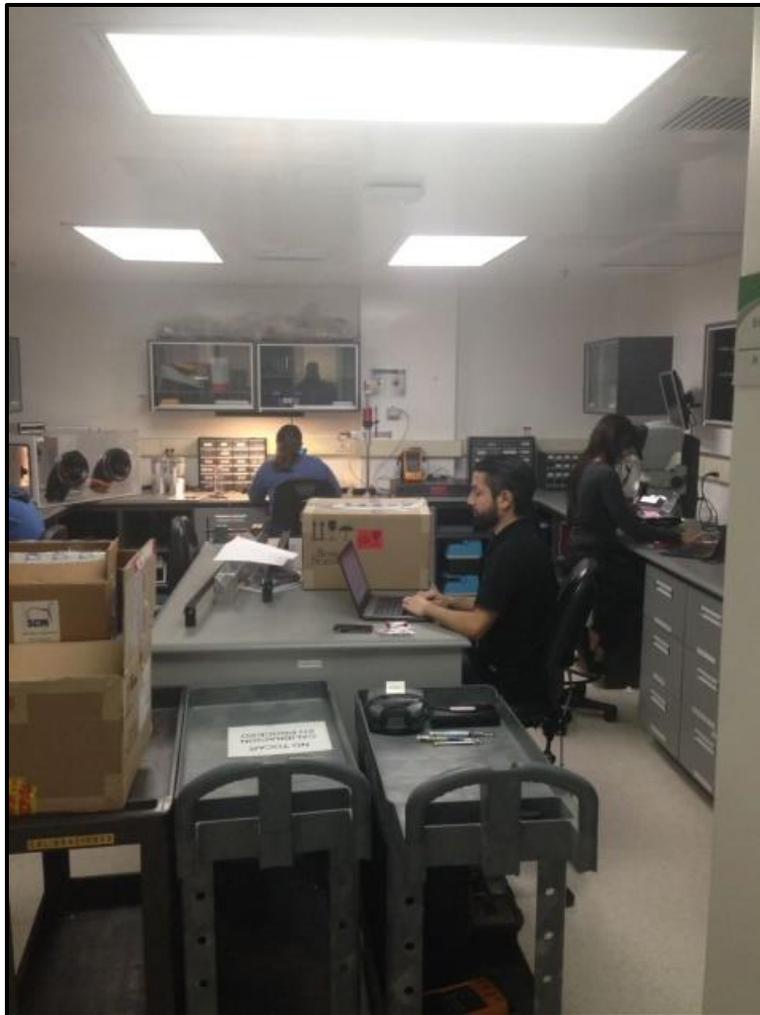


Figura 21. Mesa central, único espacio donde la luz da directo (puesto 5 y 6)

Fuente: Elaboración propia, 2016

Según Hugo Melgar (2016), (departamento de diseño de luminarias Sylvania) expresa que las luminarias actuales del laboratorio de calibraciones son totalmente inadecuadas e ineficientes y recomienda un cambio total en el nivel de iluminación y ubicación de las luminarias. Indica que para un laboratorio en donde se realicen trabajos finos, la iluminación general se clasifica categoría F según "Lighting Handbook" de la norma IESNA, el cual especifica una iluminación de 1 000 a 1 500 lux en la zona de trabajo.

Con la ayuda del Software AGI32 se realizó un análisis de la capacidad de las luminarias actuales del laboratorio de calibraciones, los resultados se pueden apreciar en las figuras 22 y 23:

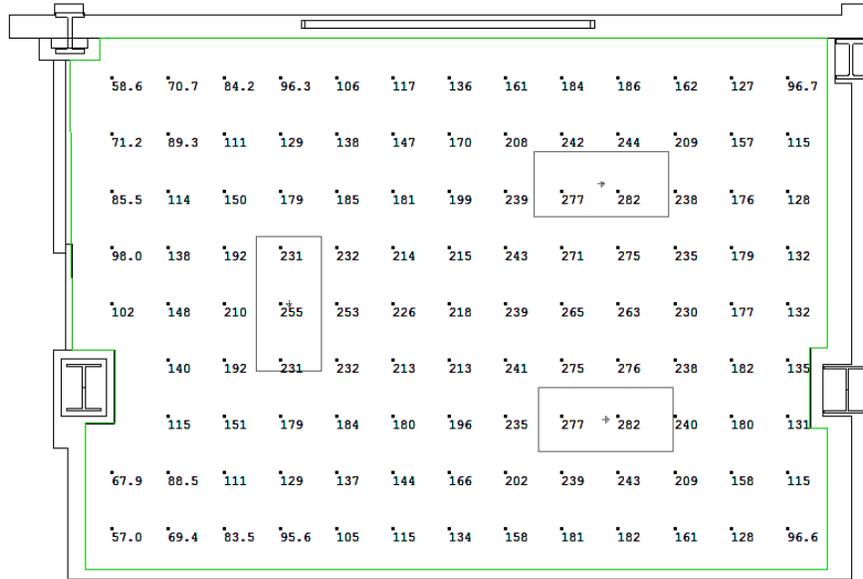


Figura 22. Distribución actual de luminarias Laboratorio de Calibraciones de Boston Scientific

Fuente: Elaboración propia, AGI32 2016

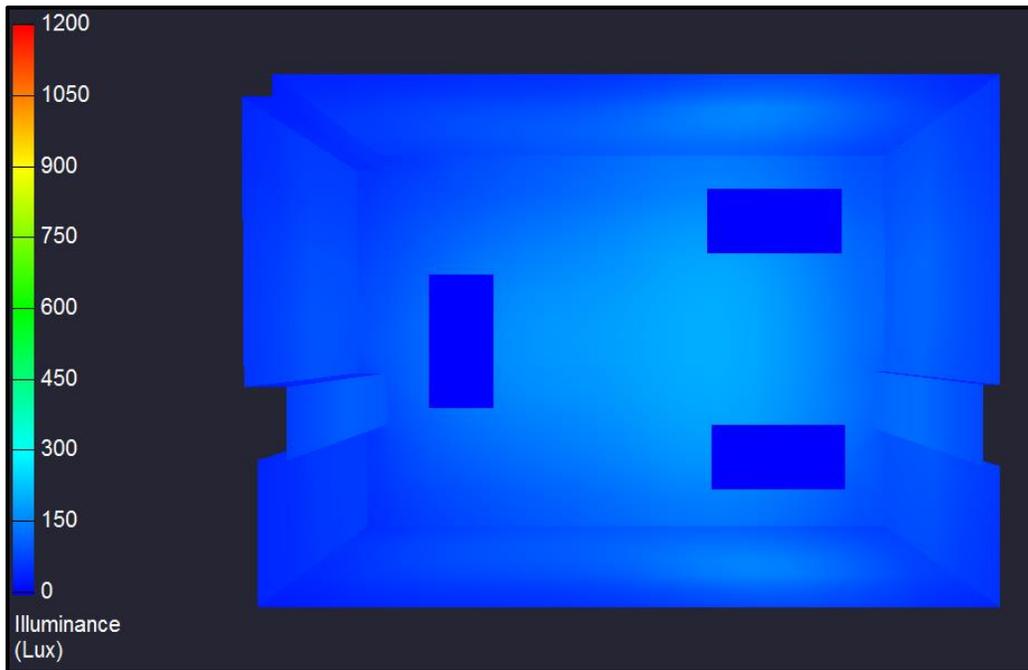


Figura 23. Render 3D Pseudo-color

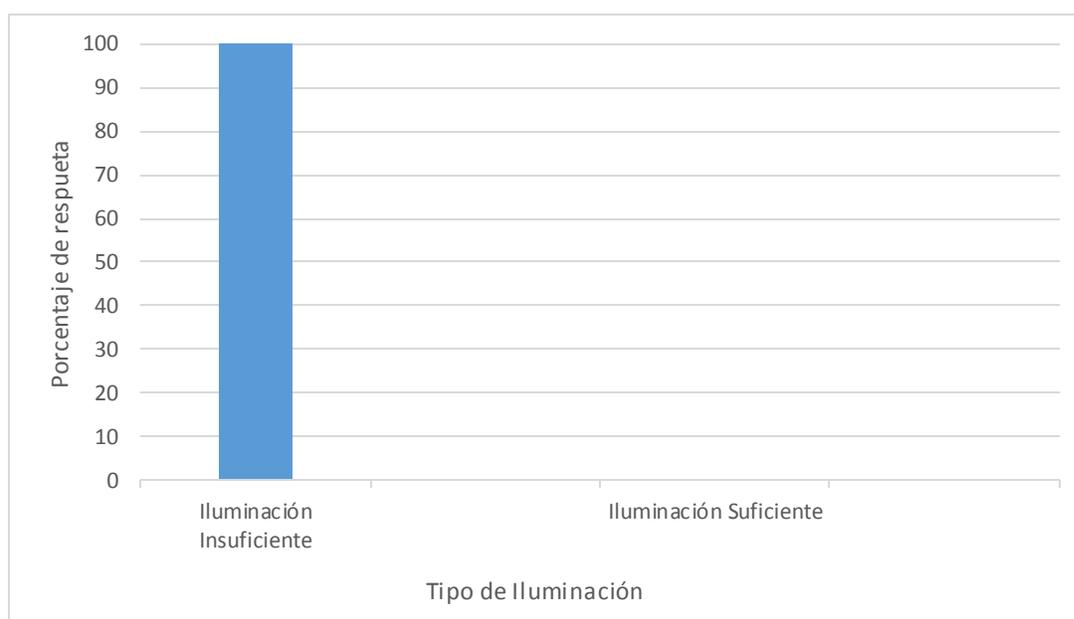
Fuente: Elaboración propia, AGI32 2016

10.2.3.2 Percepción visual de los trabajadores

Dentro de los principales resultados se obtuvo, que el 100% de la población evaluada considera que la iluminación no es suficiente para realizar las labores. Cabe destacar que las luminarias siempre se encuentran encendidas durante la jornada laboral (12 horas aproximadamente), lo que ocasiona un consumo eléctrico muy significativo a lo largo de los años.

En el gráfico 2, se demuestra la percepción de las personas evaluadas con respecto a los niveles de iluminación presentes en la zona de trabajo, este fue realizado de acuerdo a una encuesta (ver Anexo 1).

Gráfico 2. Percepción sobre requerimiento de iluminación en el área de trabajo.



Fuente: Elaboración propia, Excel 2015

Como se muestra en el gráfico anterior, en términos generales el 100% de las personas se muestra inconforme con la iluminación que poseen en su área de trabajo, las mismas toman en cuenta los riesgos que representa para la salud, ya que al no existir los niveles mínimos recomendados de iluminación se ven afectados partes del cuerpo.

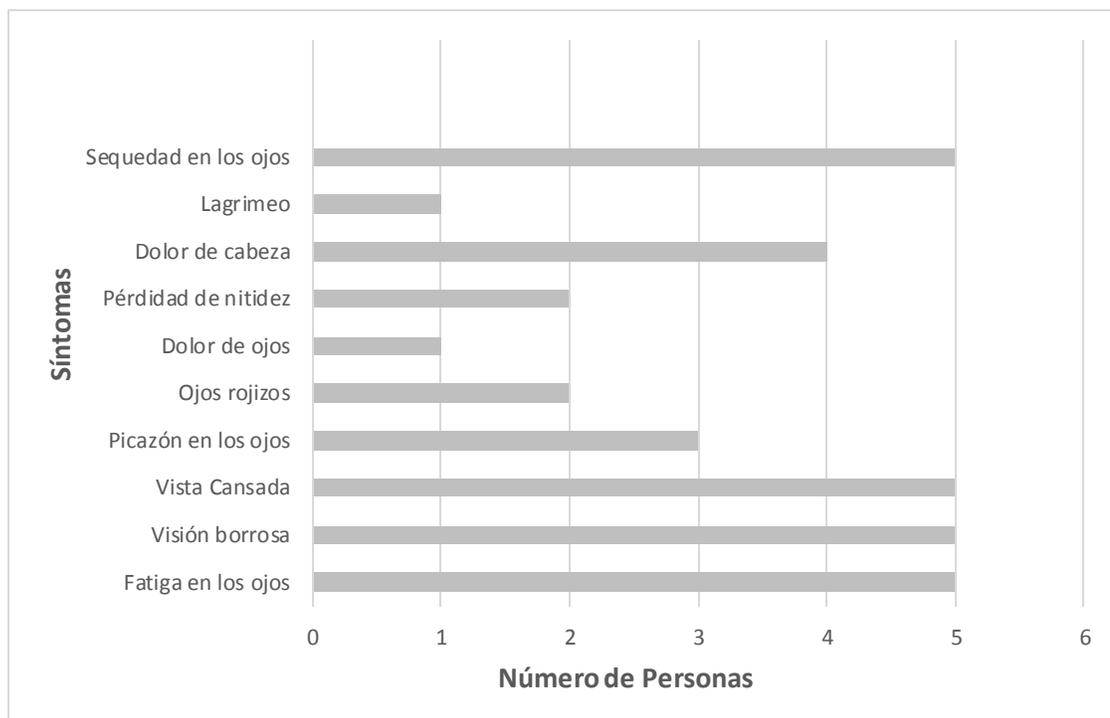
10.2.3.3 Efectos en la salud sobre las personas que trabajan en el laboratorio

Un dato muy importante es determinar los síntomas y efectos a la salud que llegan a presentar las personas por una mala iluminación en su área de trabajo. Para esto se

aplicaron dos encuestas, una relacionada con síntomas debido a una iluminación inadecuada y otra a dolencias. Como primer paso se identificó el porcentaje de la población que presentaba al menos un efecto a la salud; como resultado se obtuvo que el 100% de la población evaluada respondió presentar problemas.

A continuación con la ayuda de una encuesta (ver Anexo 1) se seleccionaron los efectos a la salud que más manifestaba la población. El siguiente gráfico permite observar la cantidad de personas que presentaban algún problema con respecto a los síntomas.

Gráfico 3. Cantidad de personas que presentan efectos negativos en su salud por mala iluminación.

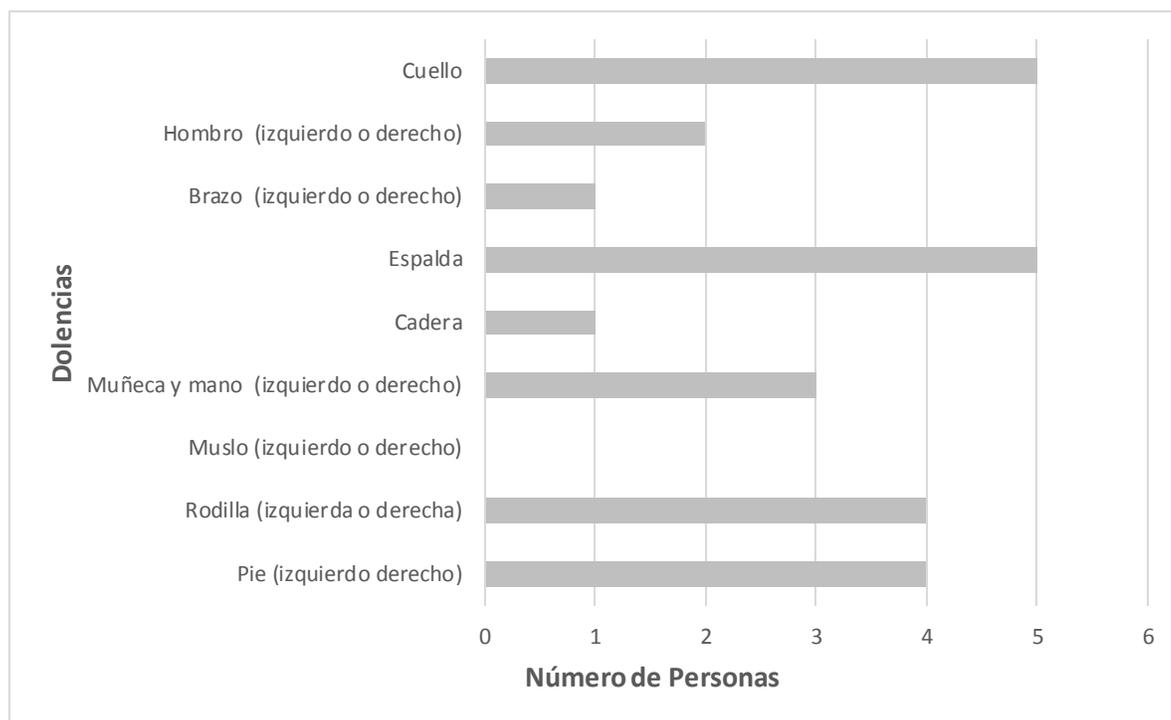


Fuente: Elaboración propia, Excel 2015

Los efectos mayormente presentados por la población analizada son: fatiga en los ojos, visión borrosa, vista cansada, dolor de cabeza y sequedad en los ojos; estos síntomas son consecuencia de una incorrecta iluminación. Cabe destacar que la edad de los técnicos evaluados oscila de los 27 a 34 años, es importante recordar que los requerimientos visuales aumentan con la edad; basado en lo anterior se puede determinar que personas a tan poca edad ya presentan afectaciones a la salud, por lo que a futuro existe una muy alta probabilidad de que los síntomas empeoren en caso de continuar con las situaciones actuales.

Adicionalmente se analizaron las dolencias presentes durante las jornadas de trabajo en el laboratorio, con esta se lograría obtener si algún dolor causado por esfuerzo corporal o visual interferían con la realización de las labores cotidianas.

Gráfico 4. Cantidad de personas que presentan dolores por esfuerzos ocasionados por mala iluminación.



Fuente: Elaboración propia, Excel 2015

Gracias al gráfico anterior se observa que las dolencias más frecuentes en los técnicos del laboratorio por malos esfuerzos debido a la mala iluminación son: dolor de cuello, espalda, rodillas y pies. Estos efectos se presentan mayormente por las sombras y brillos presentes en el área de trabajo, lo que genera que la persona adopte posturas inadecuadas. Se analizó en la encuesta si dichos dolores interferían directamente con sus actividades diarias; el 100% de las personas evaluadas determinaron que la intensidad de las dolencias presentadas no era excesiva por lo que no se les dificultaba poder cumplir con su carga de trabajo.

Como punto importante se debe aclarar que los efectos a la salud previamente identificados pueden ser causados debido a la mala iluminación, sin embargo se recomienda analizar y profundizar temas personales y ergonómicos, con el objetivo de determinar la causa raíz de los problemas.

10.2.3.4 Temperatura

Con el uso de un termohigrómetro figura 29 se determinó que la temperatura del laboratorio de calibraciones actual de BSC oscila entre los 19 °C y 21 °C. Cabe destacar que como se puede apreciar en las figuras 27 y 28 la puerta del laboratorio en reiteradas ocasiones permanece abierta, afectando de manera directa la temperatura dentro del cuarto.

10.2.3.5 Ruido Acústico

El laboratorio de calibraciones no presenta ningún tipo de calibración que genere ruido molesto. El instrumento que genera más bulla es un lápiz grabador "dremel"; este es utilizado para grabar los equipos nuevos, propiamente para su identificación visual. El cual de acuerdo a la página oficial de la marca Dremel, el lápiz grabador produce una presión acústica de 86 dB.

10.2.3.6 Partículas de polvo

Según MetAs (2005, p. 3), para un laboratorio tipo 2 la cantidad de partículas suspendidas en el aire debe de ser:

- Para tamaño de partícula mayor o igual a 1 μm , se debe tener como máximo menor a 7×10^6 partículas/ m^3
- Para tamaño de partícula mayor o igual 0,5 μm , se debe tener como máximo 4×10^7 partículas/ m^3

Para realizar la prueba del número de partículas existentes en el laboratorio se usó un equipo denominado contador de partículas del fabricante Climet (ver figura 24 y 25), este equipo absorbe 50 l de aire por minuto y es capaz de contabilizar las partículas que se encuentran en este, a continuación se puede apreciar el equipo:



Figura 24. Contador de partículas, Manufacturador Climet.

Fuente: Elaboración propia, 2016



Figura 25. Contador de partículas, Manufacturador Climet.

Fuente: Elaboración propia, 2016

Los resultados de la prueba son los siguientes:

Tabla 3. Resultado análisis de partículas.

Timestamp	Location	≥ 0,3 μm	≥ 0,5 μm	≥ 1,0 μm	≥ 5,0 μm
10-20-16 14:09:46	ZERO CALIBRATION	0	0	0	0
10-20-16 14:13:35	CAL LAB	4 538 820	570 600	152 000	1 980
10-20-16 14:14:40	CAL LAB	4 621 380	508 280	135 300	1 960
10-20-16 14:15:45	CAL LAB	4 779 180	506 820	142 260	2 580
10-20-16 14:16:50	CAL LAB	4 885 080	470 880	125 360	1 940
10-20-16 14:17:55	CAL LAB	4 964 120	491 760	137 880	3 200
10-20-16 14:19:00	CAL LAB	5 076 340	468 800	126 540	1 840
	Promedio	4 123 560	431 020	117 049	1 929

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel 2016

10.2.3.7 Pisos

El laboratorio cuenta con piso de cerámica sin espacios entre baldosas, no produce desprendimiento de partículas, es fácil de limpiar, resistente a la abrasión y agentes químicos.

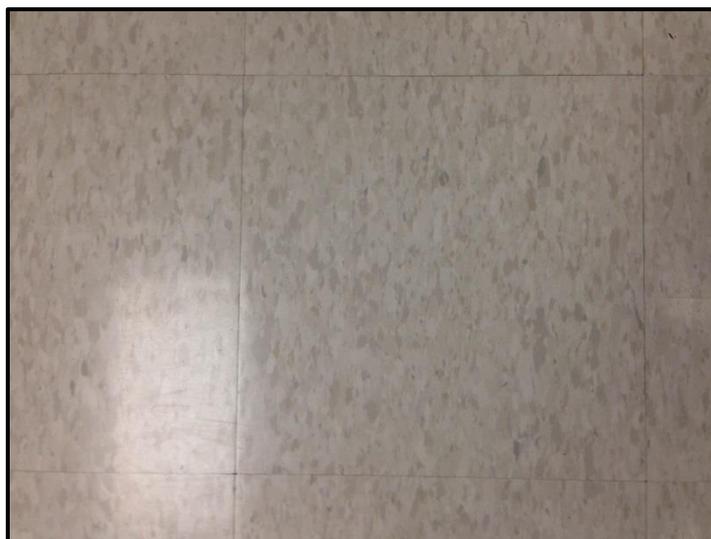


Figura 26. Piso de cerámica BSC.

Fuente: Elaboración propia, 2016

10.2.3.8 Presión de aire

Toda la planta de BSC según el departamento de facilidades cuenta con un sistema de ventilación/aire acondicionado, en el cual el aire que se toma del exterior y que es mezclado con una proporción variable de aire reciclado, pasa a través de diferentes

sistemas de acondicionamiento del aire, por el cual el mismo se calienta o enfría y se humidifica o deshumidifica en función de las necesidades. Cuando el aire es tratado, se distribuye por conductos a las diferentes áreas del edificio, siendo expulsado por rejillas de dispersión. El aire procesado al ingresar a los distintos cuartos se mezcla en todos los espacios ocupados, esto provoca un intercambio térmico y renovación de la atmósfera interior, hasta que finalmente es extraído por conducciones de retorno.

Para el análisis de la presión presente dentro y fuera del laboratorio se hizo uso de un barómetro (ver figura 27) con el cual se determinó que la presión es de 91,97 kPa y 91,70 kPa respectivamente, en la siguiente imagen se puede apreciar el instrumento:



Figura 27. Barómetro

Fuente: Elaboración propia, 2016

Otro punto importante, es la puerta corrediza de vidrio para el ingreso al laboratorio, la misma usualmente se deja abierta, lo que facilita la entrada de polvo o agentes contaminantes al laboratorio como se puede observar en la figura 28 y 29:

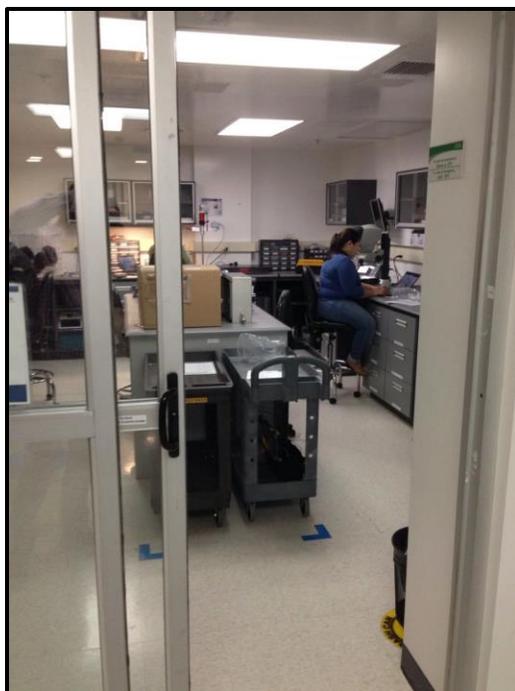


Figura 28. Puerta abierta del laboratorio de calibraciones BSC, ejemplo 1.

Fuente: Elaboración propia, 2016



Figura 29. Puerta abierta del laboratorio de calibraciones BSC, ejemplo 2.

Fuente: Elaboración propia, 2016

10.2.3.9 Humedad relativa

La humedad relativa del laboratorio de calibraciones oscila entre el 46 y 48%, para la medición de esta se hizo uso de un termo-higrómetro (ver figura 30).



Figura 30. Termo-higrómetro.

Fuente: Elaboración propia, 2016

Como se puede apreciar en la figura 30, la humedad relativa del laboratorio es de 47,6%, según MetAs (2005, p. 4), la humedad relativa debe ser mayor a 45% a 20 °C.

10.2.3.10 Regulación de tensión

Por cuestiones de confidencialidad no se permitió obtener los planos eléctricos de la compañía. Según los ingenieros de facilidades, la empresa Boston Scientific cuenta con un sistema ininterrumpido de energía, específicamente “UPS”; muchos de los departamentos poseen equipos extremadamente costosos y a pesar de contar con dicho sistema la mayoría de los departamentos no se encuentran conectados a este; simplemente porque no lo han solicitado; propiamente el caso del laboratorio de calibraciones.

En el laboratorio todos los equipos trabajan con una tensión de 120 V, para realizar un estudio de las variaciones de tensión se hizo uso de un calibrador de procesos marca Fluke (ver figura 31), colocando este en las salidas de los tomacorrientes para conocer si existen gran variación de voltaje, los resultados se puede observar a continuación en la tabla 4:

Tabla 4. Análisis de voltaje en salida de tomacorrientes

Fecha	Mañana (V)	Medio Día (V)	Tarde (V)	Promedio (V)	Error (%)
17-Oct-16	120,4	120,4	120,3	120,4	0,3
18-Oct-16	120,2	120,3	120,2	120,2	0,2
19-Oct-16	120,5	120,5	120,5	120,5	0,4
20-Oct-16	120,5	120,6	120,2	120,4	0,4
21-Oct-16	120,2	120,1	120,0	120,1	0,1

Fuente: Elaboración propia, 2016

Como es posible observar en la tabla anterior, el laboratorio no presenta variaciones preocupantes en su salida de voltaje, es importante recordar que el mismo cuenta con equipos muy costosos y el hecho de no tener ningún tipo de protección contra cortes o picos de energía los hace vulnerables al daño.

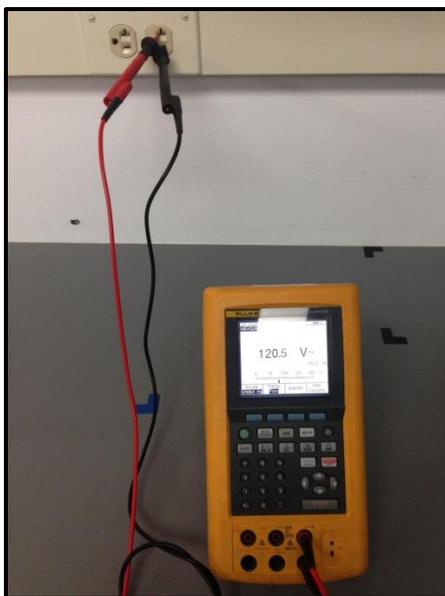


Figura 31. Calibrador de procesos, marca Fluke

Fuente: Elaboración propia, 2016

10.2.4 Patrones y herramientas básicas.

La falta de un presupuesto anual genera inconvenientes en la compra de patrones y herramientas básicas (cables, termo-cuplas, mangueras, acoples rápidos, entre otros), además, la falta de control y de cultura por parte de los técnicos de mantener las herramientas y patrones ordenados y protegidos influye directamente en la pérdida de los

mismos. Cabe destacar que existen patrones y herramientas pequeños y con un costo muy elevado. En consecuencia se afecta la capacidad para realizar calibraciones en paralelo y mantener buena fluidez del proceso (productividad). Otro factor influyente es la existencia de un solo patrón para la calibración de una determinada variable, esto limita a que sólo un técnico pueda calibrar un equipo del mismo tipo a su vez, generando retrasos y tiempos muertos.

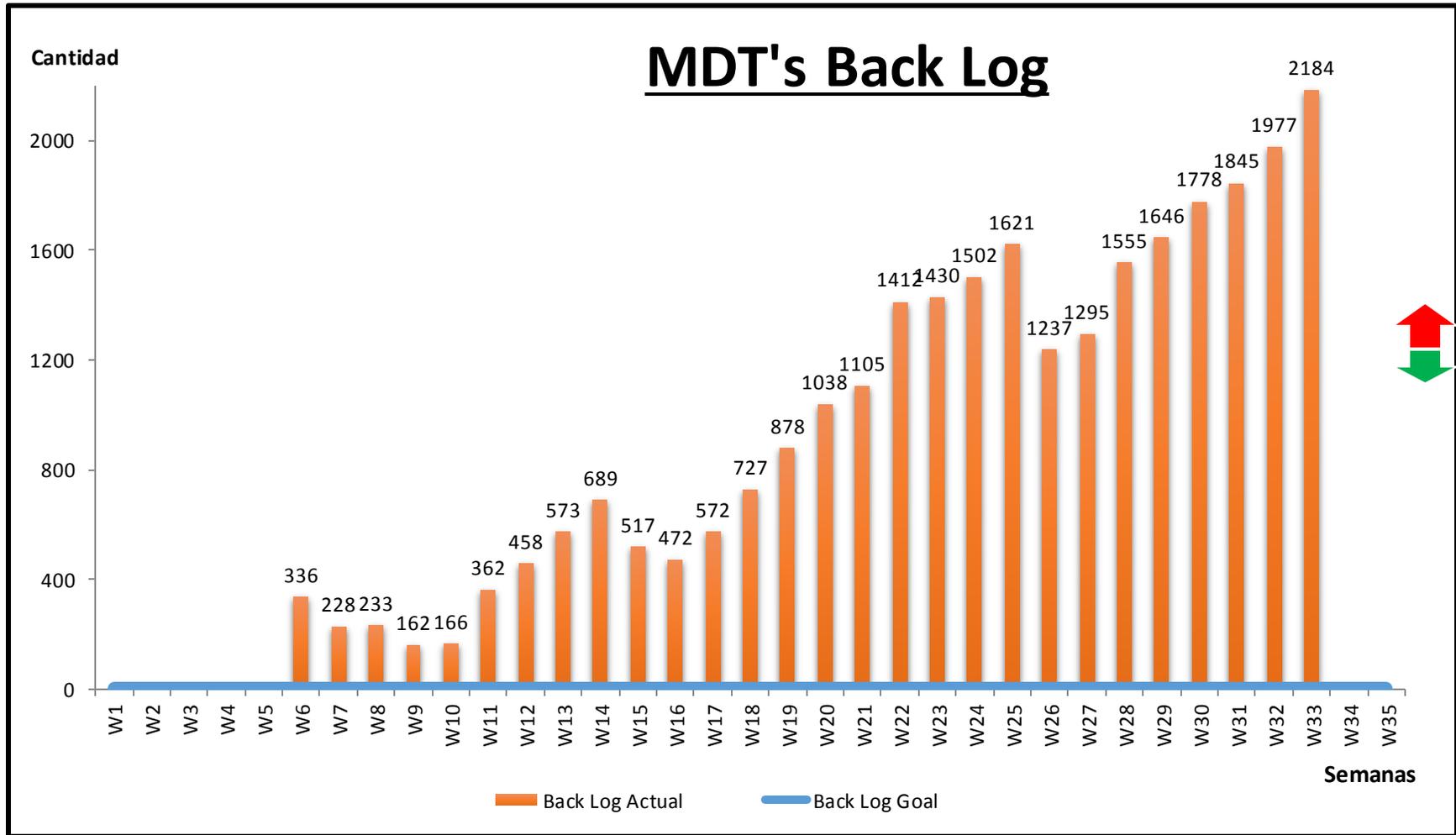
10.2.5 Cantidad de técnicos.

Según la base de datos propia de Boston Scientific BM-RAM, 2016 se tienen un aproximado de 5300 equipos operando sólo en la planta de Coyol, Alajuela y se realizan alrededor de 13850 calibraciones al año. En la actualidad se cuenta con 5 técnicos para realizar estas calibraciones, por lo que es muy común preguntarse ¿es esta cantidad de técnicos suficiente? Según los registros existentes se puede determinar que esta cantidad es insuficiente pues varios de los técnicos tienen que realizar trabajos externos a la calibración como la revisión y firma de MDT's (equipos pendientes de la firma de aprobación que hace constar que la calibración fue realizada correctamente), realizar NCEP's (investigación sobre el impacto que tiene el equipo en el proceso o producto, por algún error cometido en el proceso de calibración o equipo encontrado fuera de tolerancia) y por último el envío de equipo a calibrarse fuera de las instalaciones de BSC.

Estos procesos externos a las calibraciones por parte de los técnicos implican descuidos y acumulación de procesos. Como se aprecia en el gráfico 5, se tiene una gran cantidad de MDT's sin firmar y revisar, esto es contraproducente debido a que los equipos vuelven a las líneas de producción sin ningún tipo de revisión por parte de otro técnico que haga constar que la calibración fue realizada correctamente y el equipo es apto para volver a la línea de producción.

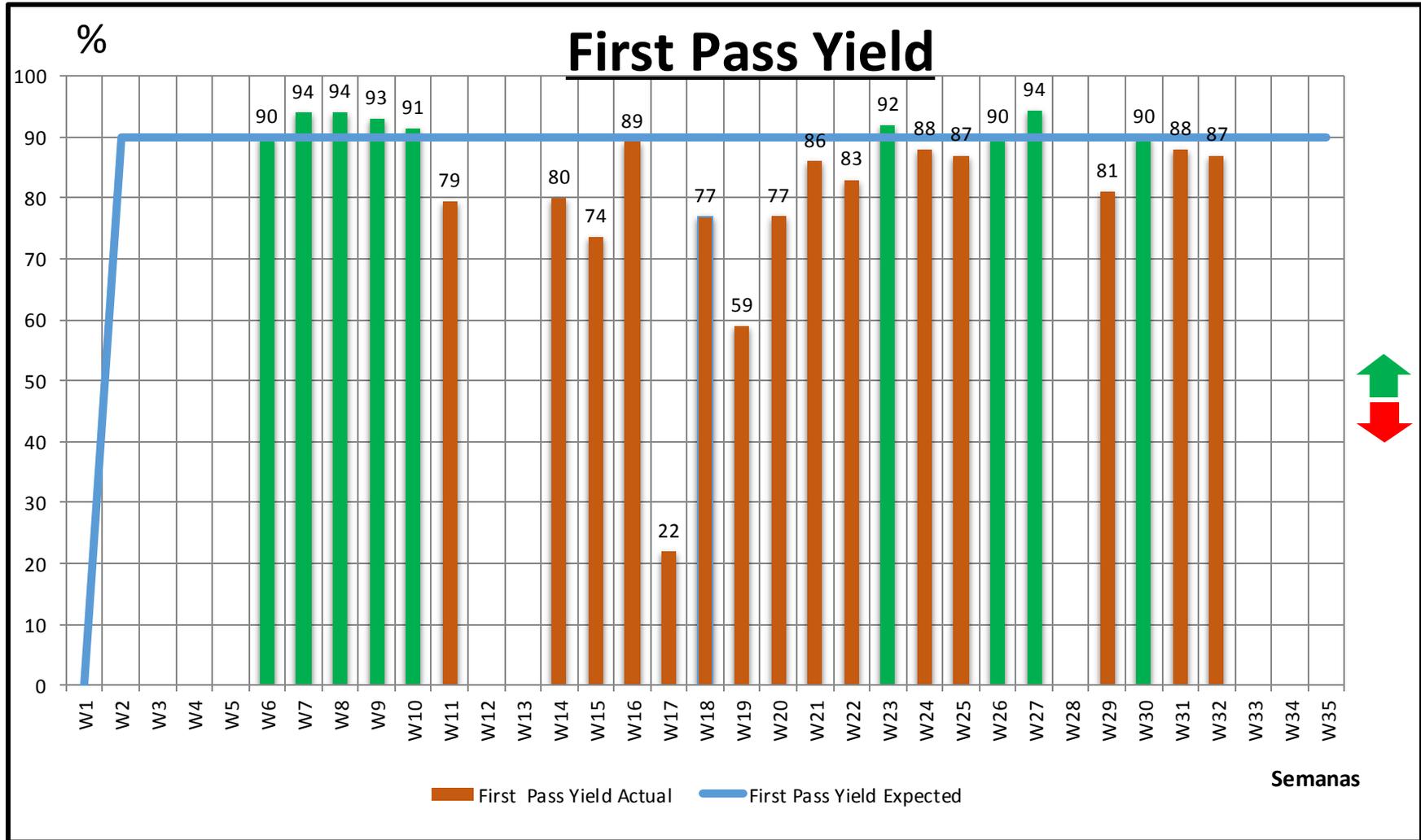
Para tener un control claro y una meta de los MDT's, se tiene una métrica llamada "First pass yield" (gráfico 6), esta se basa en que el 90% de los MDT's revisados deben ser aprobados en su primera revisión. Esta métrica ayuda a conocer el porcentaje de trabajos bien realizados o por el contrario determinar cuántos re-trabajos tuvieron que ser realizados cada semana.

Gráfico 5. MDT's sin firmar y revisar.



Fuente: Boston Scientific, 2016

Gráfico 6. Meta de un 90% de MDT's aprobados en su primera revisión cada semana.



Fuente: Boston Scientific, 2016

11 Solución al problema planteado

Según la situación actual que presenta la empresa se deben de crear mecanismos adecuados para revertir la situación anteriormente definida de forma permanente, por lo tanto se plantea:

11.1 Calibración externa de equipos nacional e internacional.

Boston Scientific al ser una empresa de dispositivos médicos presenta muchas regulaciones, la implementación de nuevos sistemas, cambios en procedimientos o reglas que alteren cualquier actividad dentro de la empresa, tiene que ser validadas y aprobadas por entidades internacionales que velen por el correcto cumplimiento de las normas. Entidades como la FDA (Food and Drug Administration) y otras entidades regulatorias, realizan constantemente auditorías minuciosas que determinan si cada departamento y la empresa Boston Scientific como tal cumple con la normativa para operar como empresa médica.

Se propuso hacer uso de Microsoft Access para el desarrollo de una base de datos de los equipos externos nacionales e internacionales que deben ser enviados a calibrar y de esta manera tener todos los datos de los equipos fácil y eficientemente. Esta propuesta fue declinada, debido a como se menciona en el párrafo anterior, una base de datos tendría que ser validada y aprobada por el departamento de computación de la empresa, realizar todos los procedimientos y entrenamientos para las personas que vayan a hacer uso de la misma, para que posteriormente sea evaluada en una auditoría por entidades estadounidenses para su implementación.

Como segunda propuesta se tuvo Microsoft Excel, el cual fue diseñado para la creación, modificación y manejo de hojas cálculo, especialmente para trabajos de oficina y que permite el desarrollo de bases de datos. Microsoft Excel al ser un programa muy utilizado por la empresa y que no requiere de procedimientos, entrenamientos o aprobación por ninguna entidad para su uso, lo convirtió en un software ideal para el desarrollo de una hoja inteligente que ayude a la trazabilidad de los equipos de calibración externa.

Esta hoja electrónica inteligente contaría con todos los datos necesarios de los equipos para tener un control de los mismos y en caso de necesitar información de este, se

pueda hacer uso de la misma de manera rápida y efectiva. La hoja inteligente también presentaría en ella una casilla que pida la actualización del equipo cada semana, esta cambiará el estado de “estado actualizado” (casilla color verde) a “actualice el estado” (color rojo), la idea de esta casilla es mantener un seguimiento semanal en todos los procesos de su calibración externa sin perder de vista ninguno de los equipos; el cambio de color facilitará visualmente la atención que se le daba dar a cada equipo.

	A	B	C	D	F
1	MI#	Calibrated by:	Description	Latest Date Statu	Equipment Status
2		HONEYWELL	Torque Analyzer	10/08/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO
3	BSCYL160542	PMI	Pulser/Receiver	27/08/2016	STATUS ACTUALIZADO
4	BSCYL150642	TRANSCAT	Flowmeter	05/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO
5	BSCYL151412	KEYSIGHT TECHNOLOGIES	Impedance Analyzer	05/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO
6	BSCR080293	EMD MILLIPORE CORP	Digital Anemometers	25/08/2016	STATUS ACTUALIZADO
7	BSCR05073	SCM	Pipette	21/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO
8	BSCR070491	PRECISION REPAIR	Thread Ring gage	22/07/2016	PROCESO COMPLETADO

Figura 32. Hoja inteligente, datos y estado de actualización de equipo.

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013

Otra de sus casillas de acuerdo a la figura 32, presenta los diferentes procesos para realizar la calibración nos indica en qué fase se encuentra cada equipo, esta casilla tiene valores establecidos que se enlistan en el momento de intentar modificarla y no es posible poner valores distintos. Para esto se agregó otra columna que permite agregar comentarios adicionales al flujo.

G	H
Status	Comentarios
CALIBRANDO	Pago realizado
EN PROCESO DE COTIZACION	
COTIZADO	
PENDIENTE DE ENVIAR	
#PO ASIGNADO	
#PO ASIGNADO	COLECCION DE EQUIPO PARA VIENRES 15/JUL
DE CAMINO HACIA EL PROVEEDOR	enviaran de regreso lunes 18/07
ENTREGADO AL PROVEEDOR	enviaran de regreso lunes 18/08
CALIBRANDO	
CALIBRACION REALIZADA DENTRO DE BSC	
DE REGRESO A BOSTON SCIENTIFIC	
ENTREGADO A BOSOTN SCIENTIFIC	Equipo listo en SCM para viernes 15/JUL
NO EXISTE VENDEDOR CON LA CAPACIDAD	
ENTREGADO AL CLIENTE	Equipo listo en SCM para viernes 15/JUL
ENTREGADO AL CLIENTE	Calibracion para el 26 de julio

Figura 33. Hoja inteligente, estados y comentarios.

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013

Muy importante es señalar si el equipo será calibrado externamente, nacional o internacional, esto se debe a que como se indica en la figura 4 tiene procesos distintos para cada caso.

Como se mencionó anteriormente para los equipos externos nacionales se tiene como fecha límite 22 días y para internacionales 45 días, para controlar esto se establecieron dos columnas dedicadas a este control, una para equipos nacionales y la otra para equipos internacionales, a continuación se explica su funcionamiento:

11.1.1 Equipos nacionales

En los primeros 10 días desde que el equipo ingresó al laboratorio la casilla se encontrará en color verde (seguimiento al equipo no debe ser tan constante), esto indica que desde el día en que el equipo llega al laboratorio hasta el día 10, el proceso va de manera correcta y se espera idealmente que el equipo regrese en ese rango; desde el día 11 hasta el día 15 la casilla pasará de estar en color verde a color amarillo (seguimiento al equipo debe ser más constante), indicando que el equipo ya debió haber llegado y que es necesario darle un seguimiento más constante; como última modificación a la casilla se tiene que para los días 16 en adelante la casilla tomará color rojo dando a entender que el equipo presenta alguna situación crítica y que el seguimiento debe ser diario para solucionar cualquier eventualidad que éste presente (ver figura 34).

11.1.2 Equipos internacionales

Para los equipos que son enviados a calibrar internacionalmente se tiene un procedimiento similar al de los equipos nacionales, a diferencia en que estos desde el día que llega el equipo al laboratorio hasta el día 20, la casilla se encuentra en color verde; al pasar al día 21 hasta el día 30 la casilla se encontrará color amarillo y por último desde el día 31 en adelante la casilla se pondrá color rojo (ver figura 34).

El contador de días es vital para el buen funcionamiento de la hoja inteligente y a sí mismo para control de los equipos, para en caso de alguna situación crítica reaccionar lo antes posible y solucionar cualquier eventualidad y de esta manera evitar complicaciones en las líneas de producción o peor aún el paro de la misma. Las líneas de producción tienen de dos a tres equipos dependiendo de la criticidad del mismo, de esta manera cuando uno es enviado a calibrar se tiene un segundo en la línea de producción y un tercero de respaldo

en caso de cualquier problema o eventualidad con el que está en funcionamiento, en muchas ocasiones ha ocurrido que se tienen tres equipos, se va uno a calibrar y el equipo que se encuentra en la línea de producción comienza a fallar, por lo que es necesario hacer uso del respaldo, pero es muy riesgoso quedarse sin ningún apoyo, en consecuencia se debe enviar equipos a calibrar de emergencia o darle mucho seguimiento para evitar atrasos con este.

	I	J	K	L
	Nacional/Internacional Calibration	Reception Date from Process	Days in the Laboratory National Equipmen	Days in the Laboratory International Equipmen
1				
2	Internacional	15/08/2016	-	12
3	Nacional	10/08/2016	17	-
4	Nacional	16/08/2016	11	-
5	Internacional	29/07/2016	-	29
6	Nacional	26/08/2016	1	-
7	Internacional	21/06/2016	-	67

Figura 34. Hoja inteligente, calibración nacional/internacional y contador de días.

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013

La hoja inteligente cuenta además con toda la información relevante con respecto al envío y proveedor (ver figura 35), por lo que se asigna una columna para el número de autorización de devolución de la mercancía (RMA), orden de compra (PO), número de rastreo (tracking number), fecha en que el equipo fue enviado, la línea de producción a la que pertenece el equipo y el contacto de la empresa donde será enviado a calibrar.

	M	N	O	P	Q	R	S
	Service Order (RMA)	eREQ	PO#	Traking Numbe	Location	Contact 1	Mail 1
1							
2	RMA#160426WWW093508	6000177026	PO#: 0006681617		Opticross	Sensotec Service	csscsensotecservice@Honeywell.com
3	Pendiente	6000182279	PO#: 0006692237	975 4251 290	Opticross	Michelle Hall	hall@pmi-cal.com
4	N/A	6000176906	PO # :0006681566		Eskimo ICE2	Carla Wescott	cwescott@transcat.com
5	RMA #: 1-7799811443	6000174735	PO # :0006673358		Final Assembly Line 2	Mario Lopez	lar_orders@keysight.com

Figura 35. Hoja inteligente, información de envío y proveedor.

Fuente: Elaboración propia, Excel 2013

Con la ayuda de esta hoja electrónica inteligente (ver figura 36) es posible brindar el seguimiento correcto a cada proceso en los que se encuentra cada equipo y de esta manera cumplir las metas establecidas.

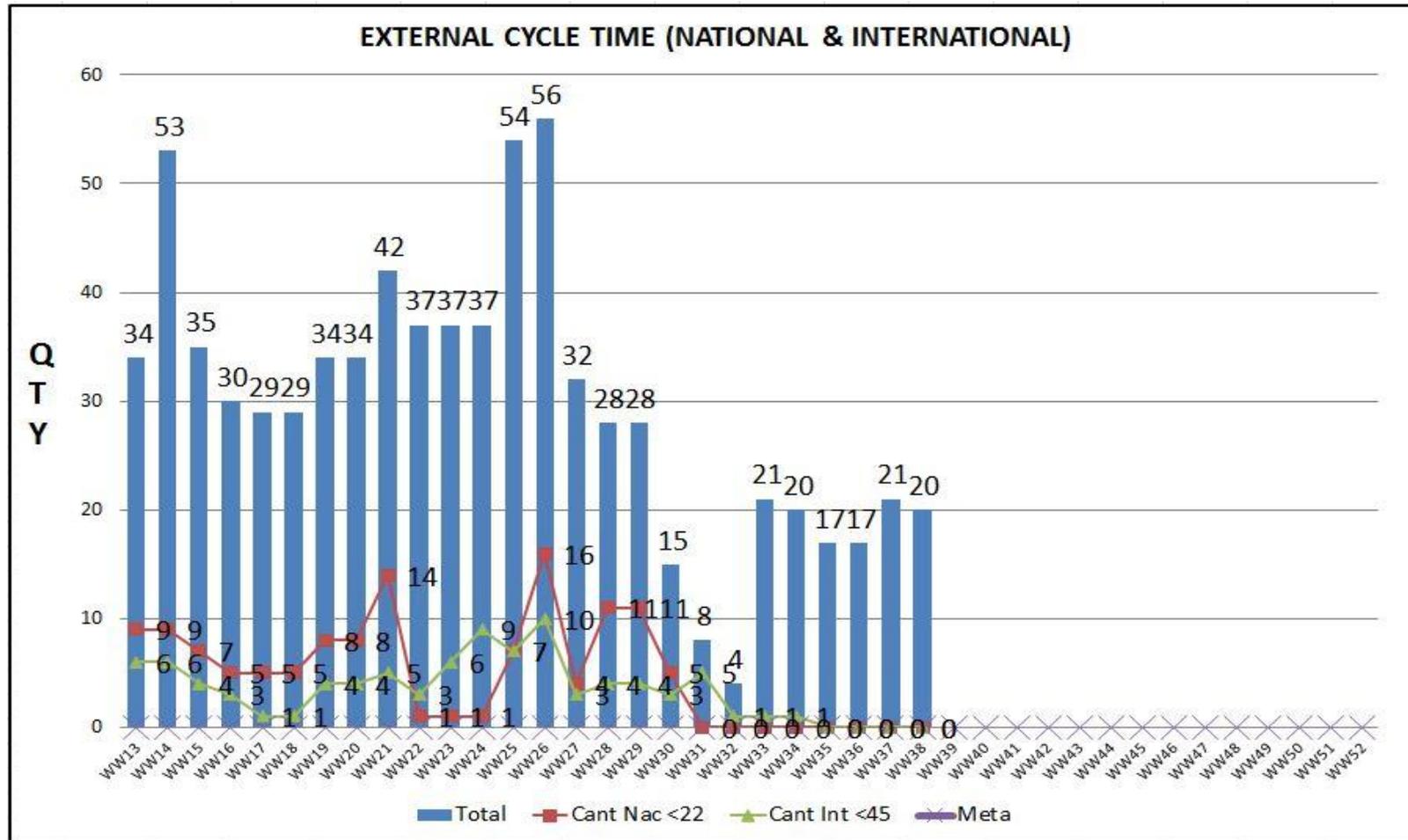
	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	MI#	Calibrated by:	Description	Test Date	Equipment Status	Status	Comentarios	Nacional/Internacional	Reception Date	Days	Days	Service Order #	PO#	Tracking No
2		HONEYWELL	Torque Analyzer	10/08/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	CALIBRANDO	Pago realizado	Internacional	15/08/2016	-	12	A#160426WwW0939	PO#: 0006681617	
3	BSCYL160	PMI	Pulser/Receiver	27/08/2016	STATUS ACTUALIZADO	EN PROCESO DE COTIZACION		Nacional	10/08/2016	17	-	Pendiente	PO#: 0006692237	975 4251290
4	BSCYL150	TRANSCAT	Flowmeter	05/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	COTIZADO		Nacional	16/08/2016	11	-	N/A	PO#: 0006681566	
5	BSCYL150	SIGHT TECHNOLOG	Impedance Analyzer	05/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	PENDIENTE DE ENVIAR		Internacional	23/07/2016	-	29	RMA #: 1-779981144	PO#: 0006673358	
6	BSCR080	MD MILLIPORE COR	Digital Anemometers	25/08/2016	STATUS ACTUALIZADO	#PO ASIGNADO		Nacional	26/08/2016	1	-	W/O-01068246	PO#: 0006670598	
7	BSCR050	SCM	Pipette	21/08/2016	STATUS ACTUALIZADO	DE CAMINO HACIA EL PROVEEDOR	RECOLECCION DE EQUIPO PARA VIENRES	Internacional	21/06/2016	-	67		PO#: 0006690448	
8	BSCR070	PRECISION REPAIR	Thread Ring gage	22/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	COTIZADO	Se enviaron de regreso lunes 18/07	Internacional	11/08/2016	-	16		PO#: 0006690437	3,688E+09
9	BSCR080	PRECISION REPAIR	Thread Plug gage	22/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	CALIBRANDO	Se enviaron de regreso lunes 18/08	Internacional	21/06/2016	-	67		PO#: 0006690437	3,688E+09
10	BSCR090	A1	Spot Welder	12/06/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	EN PROCESO DE COTIZACION		Nacional	16/08/2016	11	-	a las 3:30, sino termin	PO#: 0006690933	
11	BSCR090	SCM	Steel Ruler Standard	15/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	EN PROCESO DE COTIZACION	Equipo listo en SCM para viernes 15/JUL	Nacional	10/08/2016	17	-		PO#: 0006690448	
12	BSCR090	SCM	Steel Ruler Standard	22/08/2016	STATUS ACTUALIZADO	CALIBRANDO	Equipo listo en SCM para viernes 15/JUL	Nacional	21/06/2016	67	-		PO#: 0006690448	
13	BSCYL130	A1	12-Up Heat Shrink Ove	22/08/2016	STATUS ACTUALIZADO	COTIZADO	Calibracion para el 26 de julio	Nacional	27/06/2016	61	-	a las 3:30, sino termin	PO#: 0006690933	
14	BSCYL130	CLIMET	Particle Counter	29/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	EN PROCESO DE COTIZACION	Pago por adelantado aprobado por Giannina	Internacional	16/08/2016	-	11	RMA Number 5061	PO#: 0006690391	3,36E+09
15	BSCYL130	A1	12-Up Heat Shrink Ove	19/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	COTIZADO	Calibracion para el 26 de julio	Nacional	10/08/2016	17	-	a las 3:30, sino termin	PO#: 0006690933	
16	BSCYL140	UGHT INTERNATIONAL	Radiometer/Optical De	08/08/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	CALIBRANDO	Equipo listo para shipping, esperando pago	Internacional	21/06/2016	-	67		PO#: 0006692740	
17	BSCYL140	LUMEN DYNAMICS	Radiometer	08/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	CALIBRANDO		Internacional	10/08/2016	-	17			
18	BSCYL140	PRECISION REPAIR	Thread Ring gage	22/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	CALIBRANDO	Se enviaron de regreso lunes 18/07	Internacional	21/06/2016	-	67		PO#: 0006690437	3,688E+09
19	BSCYL150	LUMEN DYNAMICS	Radiometer	08/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	COTIZADO		Internacional	18/08/2016	-	9			
20	BSCYL150	STELLARTECH	RF Generator	27/08/2016	STATUS ACTUALIZADO	RECIBIDO DE SHIPPING	Ship 19/07	Internacional	05/08/2016	-	22		PO#: 0006693029	
21	BSCYL150	LUMEN DYNAMICS	Cure Ring Detector	13/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	EN PROCESO DE COTIZACION	En la misma caja del BSCYL150145			-	-			
22	BSCYL150	LUMEN DYNAMICS	Cure Ring Detector	08/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	COTIZADO	NCEP CREADO	Internacional	28/06/2016	-	60			
23	BSCYL150	LUMEN DYNAMICS	Cure Ring Detector	08/07/2016	ACTUALICE STATUS EQUIPO	COTIZADO		Internacional	16/08/2016	-	11			

Figura 36. Hoja electrónica inteligente

Fuente: Elaboración propia, Excel 2015

11.1.3 Resultado implementación Hoja inteligente Microsoft Excel.

Gráfico 7. Resultado implementación Hoja inteligente Microsoft Excel



Fuente: Boston Scientific, Excel 2015

Como se puede apreciar en gráfico 7 anterior, desde que fue implementada la hoja electrónica inteligente la métrica de ciclo de calibración externa ha mejorado de manera satisfactoria, cumpliendo de esta manera la meta de tener cero equipos con problemas.

Se realizó el análisis correspondiente y se determinó que a ciertos equipos es necesario cambiarles el tiempo de ciclo de calibración externa, esto debido a que por más que se les dé el seguimiento semanal, no hace posible que regrese con el ciclo de tiempo actual, perjudicando las métricas. Con el uso de la hoja electrónica figura 35 y el análisis del gráfico 7, se determinaron los equipos más críticos con la finalidad de realizar cambios e investigar las maneras de mejorar el proceso de calibración externa.

11.2 Control Ambiental

El laboratorio de calibraciones de BSC según MetAs (2005, p. 3) especifica que en la norma ISA-RP52.1:1975 es clasificado "Tipo 2" que calibra "Nivel 3". Los laboratorios Nivel 3 son laboratorios industriales que realizan calibración de equipo en producción, inspección de pruebas, mantenimiento o reparación. Por lo tanto, todos los parámetros a considerar serán propiamente para el tipo de laboratorio analizado.

11.2.1 Iluminación

La iluminación industrial para esta empresa se clasifica en alumbrado general, debido a que la distribución es uniforme a lo largo y ancho del cielo raso, además, de que el uso es general multipropósito. Como se mencionó anteriormente el laboratorio de calibraciones de la empresa Boston Scientific emplea prolongadas tareas que requieren de mucha atención al detalle, por lo que una iluminación adecuada es vital.

Como se mencionó anteriormente, el ojo permite observar los objetos; aunque éste sea capaz de adaptarse a ambientes de trabajo con poca o demasiada luz, sus consecuencias pueden ser dañinas a mediano o largo plazo. Un lugar de trabajo con deficiencias requerirá de un sobre esfuerzo en los elementos que componen el ojo y participan en la percepción visual, provocando dolores de cabeza, fatiga y en algunos casos lesiones irreparables.

Una luz insuficiente obliga a hacer esfuerzos importantes en la acomodación del cristalino, lo que puede generar miopía. Una luz demasiado intensa deslumbra y cansa la retina, lo que puede generar su desprendimiento y con ello la ceguera (Sibaja, 2002, p. 124).

Para evitar lo anterior, a continuación según Sibaja (2002, p. 125) se describen las normas que deben ser adoptadas en los ambientes de trabajo:

- I. **Adoptar el nivel de iluminación de acuerdo con la actividad realizada.** Existen tareas que requieren de una exigencia mayor que otras.

Específicamente para un laboratorio de calibraciones donde exista trabajos finos, según la INTE/ISO 31-08-06:2014 Niveles de iluminancia y condiciones de iluminación en los centros de trabajo interiores, el valor mínimo de servicio de iluminancia es de 1200 lux.

- II. **En la medida de lo posible, aprovechar eal máximo la luz natural.** La luz natural proviene del sol, es una fuente de energía muy útil y económica aunque, en muchos casos las empresas no la aprovechan.

Según la ubicación del Laboratorio de Calibraciones de BSC, no se hace posible el aprovechamiento de la luz natural, debido a que el mismo no contiene ventanas que permitan el paso de los rayos del sol.

- III. **Evite el resplandor.** El resplandor son todos aquellos puntos o sectores brillantes dentro del campo de visión.

Para evitar el resplandor de las lámparas, se tomará en cuenta el ajuste de la altura de la fuente de luz de modo que no sea molesto para el trabajador.

- IV. **Reducir las zonas de sombra.** Los puestos de trabajo que se encuentren ligeramente a oscuras o sean deficientes en iluminación no sólo dificultan el trabajo sino que obligan al ojo a realizar un sobre esfuerzo visual.

Para esto se hará un estudio con el software AGI32 simulando la nueva ubicación de las luminarias y la capacidad de las mismas en la nueva área de trabajo.

- V. **Realice mantenimiento periódico de las fuentes de luz.** Para garantizar buenas condiciones de iluminación y una reducción en los costos por exceso de energía utilizada, es fundamental definir un plan de mantenimiento de la iluminación.

Gracias a los altos estándares de limpieza de la empresa Boston Scientific no se hace necesario una limpieza periódica de las mismas, estas se encuentran en ambiente limpio.

La alternativa de solución se basa en redistribuir, sustituir y homogenizar las luminarias existentes por lo que se realiza el siguiente análisis:

El laboratorio presenta las siguientes características:

- Altura del piso al techo: 2,5 m
 - Altura del plano de trabajo: 0,75 m
 - Altura de montaje: 1,75 m

- Luminarias se colocarán empotradas en el cielorraso.

- *Dimensiones del área:
 - Área: ancho 4,8 m y largo 6.7 m= 32,2 m²

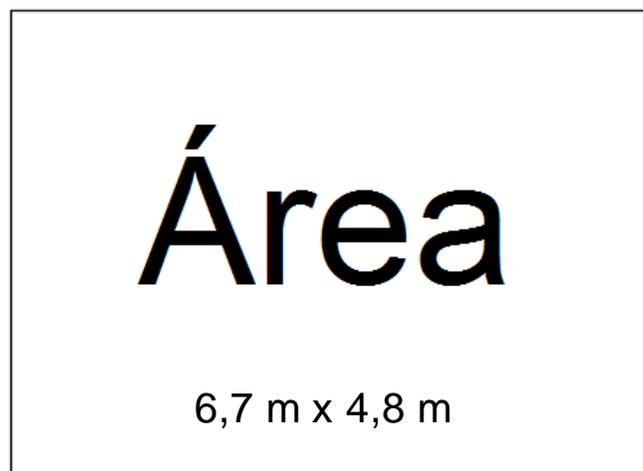


Figura 37. Distribución de áreas en el laboratorio, como aproximación de rectángulo.

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2015

- Necesidad de iluminación sobre el plano de trabajo 1200 lux**

*Para el cálculo de iluminación, se va a realizar, primeramente mediante el método de lúmenes y luego se comprobará mediante el software AGI32. Para el método de lúmenes, se debe realizar o aproximar arreglos de tal forma que las superficies sean cuadradas o rectangulares.

**Según INTE/ISO 31-08-6-2014, Niveles y condiciones que deben tener los laboratorios de calibración. Bajo la clasificación de tareas críticas y prolongadas, con mucho detalle durante el proceso.

Rendimiento luminoso.

El tamaño de la zona a iluminar es un factor clave para la determinación del rendimiento mínimo que la luminaria debe tener,

- Luminaria a utilizar: BT series 2x4 de 43 W.

11.2.1.1 Lúmenes

El método de lúmenes es una forma muy sencilla y práctica de calcular el nivel medio de iluminancia en una instalación de alumbrado general. Este método cuenta con una limitación, el cual sólo es utilizado para simular la iluminación general y no para iluminación localizada; el método lúmenes asume que todas las luminarias en el espacio son iguales y que el área es simétrica. Otra característica de este método es que es únicamente utilizado para diseño de interiores.

Dicho método se basa en el concepto básico del nivel de iluminación o cantidad de lux en un área de trabajo dada, el cual explica que es directamente proporcional al flujo luminoso total, esto quiere decir, que el aporte en la cantidad de lúmenes de todas las fuentes luminosas a implementar es inversamente proporcional al área en metros cuadrados que se desea iluminar.

La relación según lo comenta el ingeniero Greivin Barahona (2016) será la siguiente:

$$E \propto \frac{F_T}{A}$$

Ecuación 1. Relación del nivel de luminosidad en relación al área.

Dónde:

E = Nivel de Iluminación recomendada para el área de trabajo.

F_T = Flujo luminoso total medido en lúmenes

A = Área del lugar de trabajo que se va a diseñar medido en metros cuadrados

La siguiente ecuación nos define el número de luminarias que se deben de utilizar de acuerdo al nivel de iluminación, área del espacio a iluminar, coeficiente de utilización, factor de mantenimiento y el flujo luminoso de la luminaria.

$$N = \frac{E * A}{CU * M * F_L}$$

Ecuación 2. Cantidad de luminarias que deben estar presentes en el área analizada.

Dónde:

N : Número de luminarias iguales

E : Nivel de iluminación (lux)

A : Área (m²)

CU : Coeficiente de utilización (adimensional)

M : Factor de mantenimiento (adimensional)

F_L : Flujo luminoso de una luminaria (lúmenes)

Para lograr resolver la ecuación anterior se deben definir una serie de parámetros los cuales se describen a continuación:

El coeficiente de utilización (CU), es un factor que se encuentra en función de la relación del local (R_L) y de los coeficientes de reflexión del cielo raso, las paredes y el piso (Fr_c, Fr_m y Fr_p , respectivamente).

R_L es descrito mediante la siguiente fórmula:

$$R_L = \frac{k * l * a}{h_m(l + a)}$$

Ecuación 3. Relación local

Dónde:

l y a : Largo y ancho respectivamente (m)

h_m : Altura de montaje (m)

k : Constante, es 1 si es iluminación directa o 1,5 si es iluminación indirecta

Para la selección del coeficiente de utilización (CU) se debe tomar en cuenta las tablas de diseño mostradas en el anexo 2, el cual el CU es obtenido basado en los resultados de la relación local y el coeficiente de reflexión.

El coeficiente de mantenimiento luminoso, o factor de pérdidas, básicamente depende de 2 sub-factores: sub-factor de depreciación del flujo luminoso (S_{DL}) y sub-factor de la limpieza de las luminarias y del local (S_{FL}):

$$M = S_{DL} * S_{FL}$$

Ecuación 4. Coeficiente de mantenimiento.

Para la determinar la distribución de las luminarias es necesario afinar el diseño final, haciendo uso de una correcta distribución a lo ancho y largo del área de trabajo, por lo que se debe considerar la siguiente ecuación:

$$N = N_L \cdot N_A$$

Ecuación 5. Distribución de luminarias.

Dónde:

N: Número total de luminarias

N_L = Numero de filas de luminarias

N_A = Numero de filas de Luminarias

La separación entre las filas a lo largo es conocido como S_L , por lo que la separación de las filas extremas con respecto a la pared será la mitad $S_L/2$.

$$S_L = \frac{L}{N_a}$$

Ecuación 6. Separación de filas a lo largo.

De la misma manera se aplicará la separación de las filas a lo ancho S_a , la separación de las filas en los extremos con respecto a la pared será la mitad $S_a/2$.

$$S_a = \frac{a}{N_L}$$

Ecuación 7. Separación de filas a lo ancho.

En la siguiente sección se demostrará según el método de lúmenes el nivel medio de iluminancia que debe tener el laboratorio de calibraciones de la empresa Boston Scientific.

Los datos para el cálculo de la iluminación por el método de lúmenes se describieron en la sección 11.2.1. Iluminación.

11.2.1.2 Cálculos de Iluminación

Relación de local (R_L)

$$R_L = \frac{1 \times 6,7 \times 4,8}{1,75 \times (6,7 + 4,8)} = 1,6$$

Coefficientes de reflexión (Fr_c , Fr_m y Fr_p)

$Fr_c = 80\%$; Cielo raso con color claro o muy blanco***

$Fr_m = 50\%$; Pared con color claro***

$Fr_p = 20\%$; Piso con color claro***

***Valores obtenidos del anexo 2.

Obtenidos los datos anteriores se procede a la escogencia del factor de utilización, este es derivado de la luminaria seleccionada, relación local y coeficientes de reflexión (ver datos en 11.2.1.2 Cálculos de Iluminación). Gracias a las tablas facilitadas por el fabricante es posible seleccionar el CU correcto (ver anexo 3), por lo que interpolando se obtiene que el valor de CU es de 0,952.

Como siguiente punto se calcula el factor de mantenimiento, recordando que el mismo depende de dos sub-factores: la depreciación del flujo luminoso con el paso del tiempo y la suciedad del local en que se encuentra diseñando. Este valor es obtenido de anexo 2, el sub-factor de la depreciación del flujo luminoso y el sub-factor de suciedad de las luminarias se consideran como 0,9 debido a que BSC al ser una empresa médica tiene altos estándares de limpieza, multiplicando ambos valores se obtiene que el factor de mantenimiento total es de 0,81, es importante recordar que los valores del CU y M son adimensionales.

Basado en el valor recomendado para el laboratorio de calibraciones que es de 1200 Lux y la capacidad de lúmenes de salida de la luminaria seleccionada que es de 4700 lúmenes, se procede a realizar el cálculo de la cantidad de luminarias que deben ser utilizadas, el cual puede ser apreciado en el siguiente cálculo:

$$N = \frac{(1200 \text{ Lux} \times 32,200 \text{ m}^2)}{(4700 \text{ Lm} \times 0,952 \times 0,810)}$$

El resultado de la ecuación anterior nos indica que se deben utilizar 11 luminarias, según Barahona (2016), el valor de N siempre debe ser entero multifactorizable, por lo que se necesitan por ende 12 luminarias para satisfacer las necesidades de iluminación en el laboratorio de calibraciones.

11.2.1.3 Iluminación haciendo uso de software

A continuación en la figura 38, haciendo uso del software de iluminación AGI-32 se presentará el diseño de las luminarias propuestas para el Laboratorio de Calibraciones de Boston Scientific, para el cual se utilizaron luminarias BT-24-0-A3-A-V-WHTE-X de la marca General Electric. Al analizar los resultados brindados por el software se determinó que haciendo uso de las luminarias propuestas se tendrá como promedio 1 236 lux en el área de trabajo, con una capacidad máxima de 1 444 lux y mínima de 908 lux.

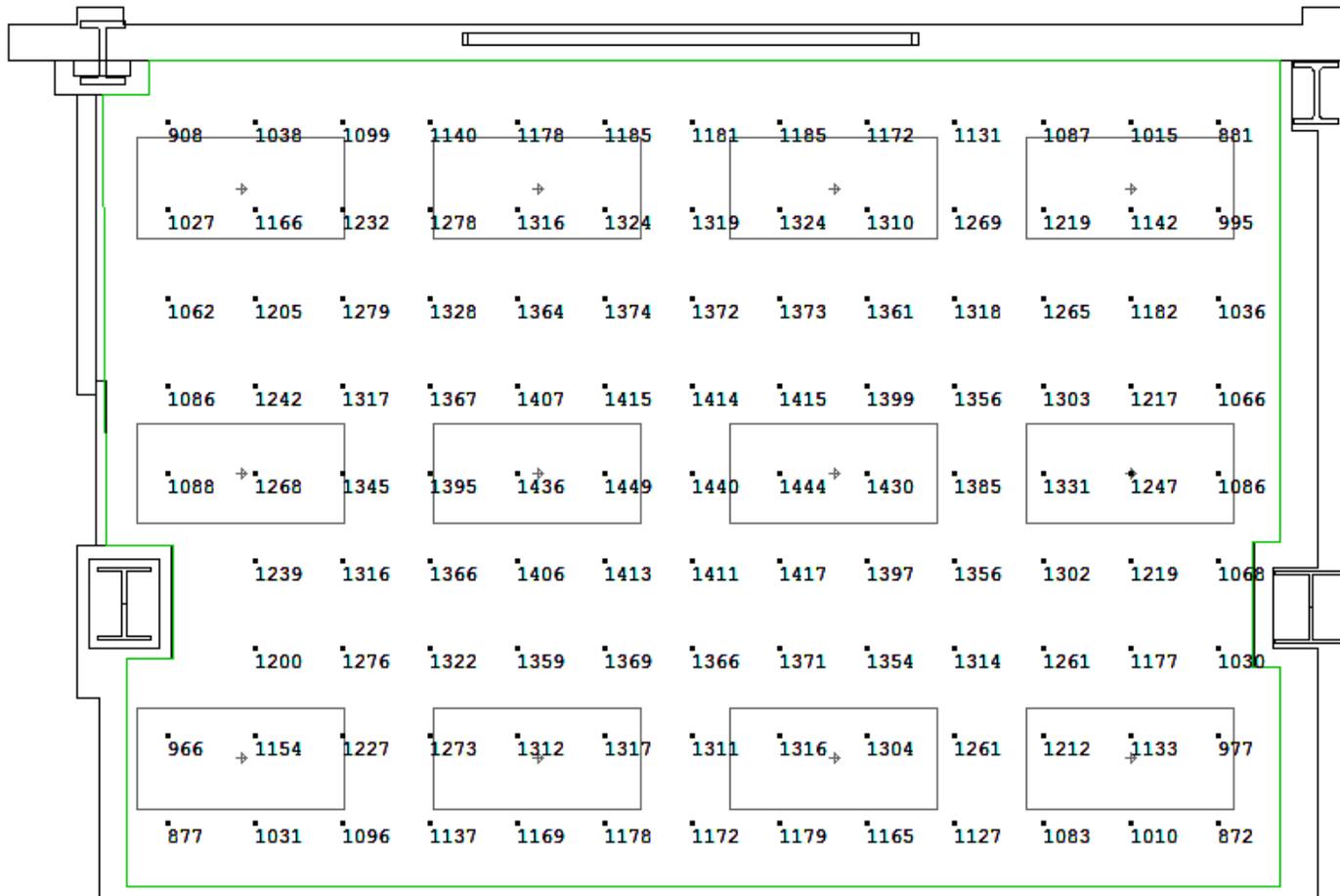


Figura 38. Distribución nueva de luminarias para Laboratorio de Calibraciones de Boston Scientific.

Fuente: Elaboración propia, AGI32

En la figura 39, permite percibir el valor de un color independiente de su tono como también medir los valores reales del modelo que se está representando. Esto se debe a los efectos que da el contraste simultáneo cuando un tono oscuro y otro claro entran en contacto.

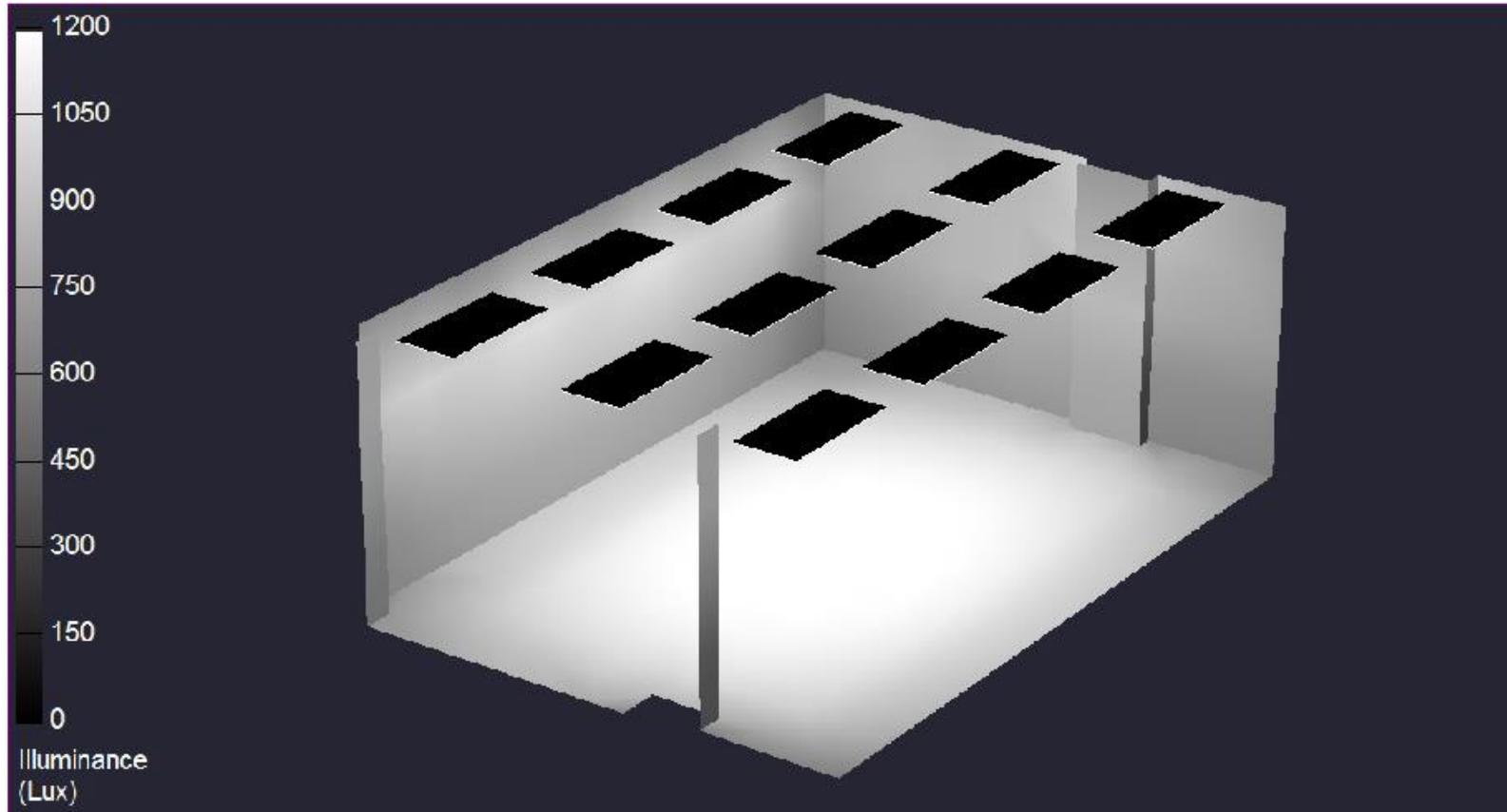


Figura 39. Render 3D escala de grises, iluminación Laboratorio de Calibraciones Boston Scientific

Fuente: Elaboración propia, AGI32

En la figura 40, permite detallar de manera más sencilla zonas donde la intensidad de iluminación crece o decrece. El área roja representa la zona donde se concentra la mayor intensidad de iluminación (1200 lux) y esta va decreciendo con base en los colores y van cambiando hasta llegar al azul.

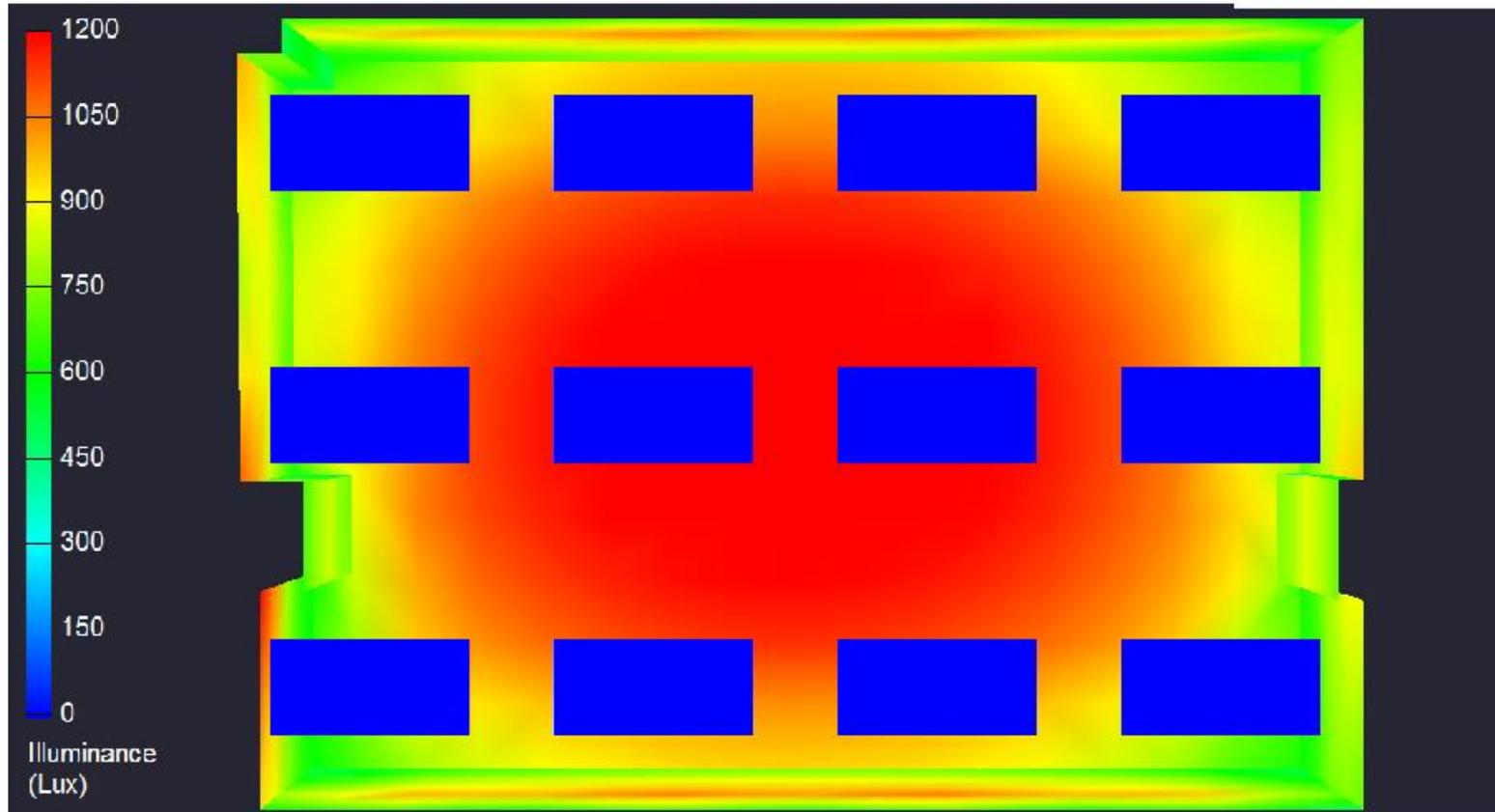


Figura 40. Render 3D Pseudo-color

Fuente: Elaboración propia, AGI32

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones, capacidad máxima, mínima y promedio de lux que iluminan el nuevo laboratorio, así también los valores de uniformidad en diferentes áreas medidas. De acuerdo a la INTE 31-08-06:2014 se debe tener como mínimo 1200 Lux en la zona de trabajo, en la tabla 5, podemos observar que el promedio de iluminación en el laboratorio es de 1 236 Lux, por lo que queda comprobado gracias al software que las luminarias BT-24-0-A3-A-V-WHTE-X, 2x4 cumplen las necesidades de iluminación necesarias en el Laboratorio de la empresa Boston Scientific, Coyoil, Costa Rica.

Comparando los resultados de las luminarias propuestas con las luminarias actuales vemos que el valor mínimo de luminosidad de las luminarias propuestas (872 lux) es aproximadamente tres veces el valor máximo de las luminarias actuales (282 lux). Esto saca a relucir la gran necesidad de un cambio inmediato en la iluminación existente en el laboratorio de calibraciones de BSC.

Tabla 5. Nueva capacidad de iluminación por parte de las nuevas luminarias propuestas.

CalcType	Units	Avg	Max	Min	Avg/Min	Max/Min
Illuminance	Lux	1236	1449	872	1.42	1.66
Illuminance	Lux	1236	1449	872	1.42	1.66
Illuminance	Lux	1236	1449	872	1.42	1.66
Illuminance	Lux	1236	1449	872	1.42	1.66

Fuente: Elaboración propia, AGI32

11.2.1.4 Ventajas de una buena iluminación

- I. Aumento en la precisión de la visión, hecho muy importante, debido a que en calibraciones que requieren mucho detalle o trabajo minucioso es necesario tener altos niveles de iluminación y de esta manera lograr obtener el mejor desempeño de la vista.
- II. Destacar detalles de objetos.
- III. Aumento en velocidad de reacción, por ejemplo, en la detección de piezas en equipos.
- IV. Evita la fatiga de equipo, cansancio visual, entre otros defectos a largo plazo.
- V. Según la tarea por realizar, se debe cumplir con los estándares de iluminación con el propósito de evitar accidentes.

En la figura 40 y 41 se puede apreciar la capacidad luminosa en el área de trabajo haciendo uso de las nuevas luminarias, en esta se puede distinguir que la mayor concentración de intensidad lumínica se da propiamente en la zona de trabajo, confirmando de esta manera que las luminarias seleccionadas son las adecuadas.

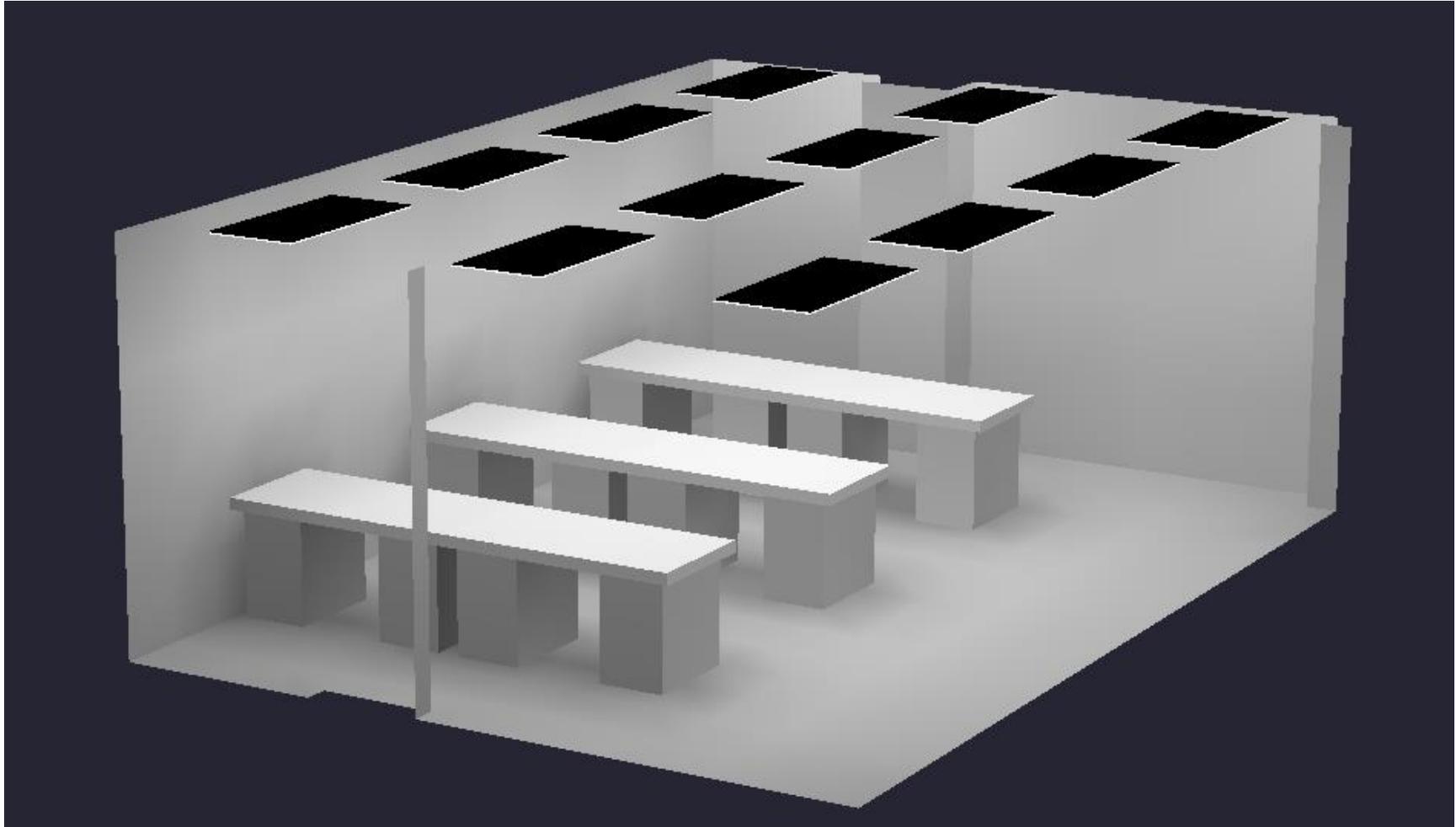


Figura 41. Simulación área de trabajo actualizada con nueva iluminación.

Fuente: Elaboración propia, AGI32

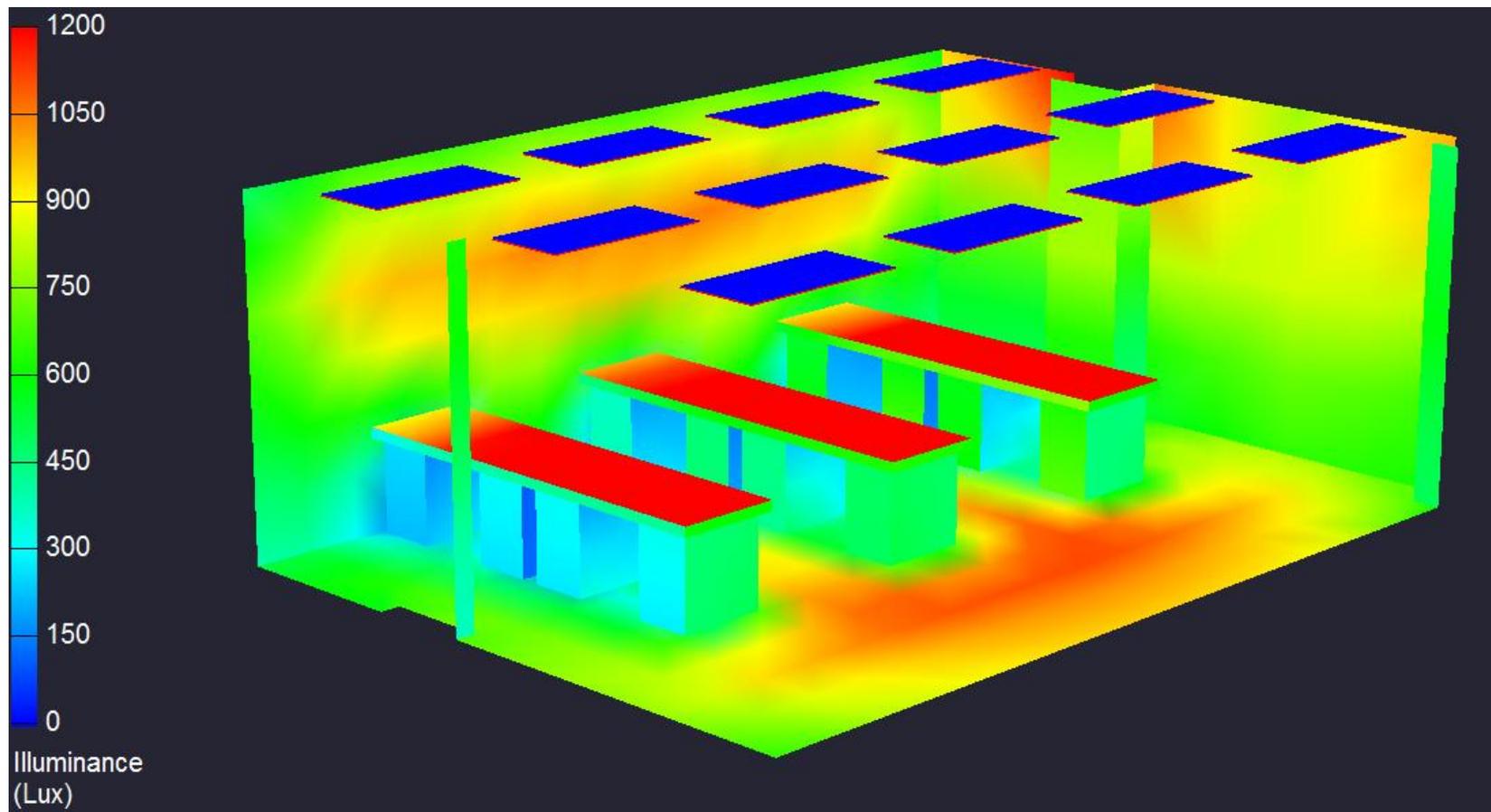


Figura 42. Capacidad luminosa en mesas de trabajo actualizado haciendo uso de las nuevas luminarias del laboratorio.

Fuente: Elaboración propia, AGI32

11.2.1.5 Elección de fuentes luminosas

Para la selección de las luminarias es necesario tener en cuenta ciertos factores, a continuación se explican los principales con el fin de seleccionar con buen criterio:

11.2.1.5.1 Rendimiento luminoso

El tamaño de la zona determina el rendimiento mínimo que la luminaria debe tener, como ejemplo, para grandes naves los halogenuros metálicos son una buena consideración, las lámparas de alta precisión también son buenas opciones además de obtenerse un mejor rendimiento luminoso. En la actualidad, la tecnología de los fluorescentes han desplazado estas tecnologías en la iluminación de grandes naves industriales, con balastos electrónicos de tubos con excelente rendimiento luminoso y alta eficiencia, en consecuencia esta tecnología es muy utilizada en zonas industriales y residenciales.

11.2.1.5.2 Sectorización de circuitos de los apagadores

Sectorizar los apagadores es una buena práctica para el ahorro de energía de una zona por niveles de iluminación. De acuerdo se van activando apagadores se va aumentando el nivel de iluminación según sea requerido desde nivel "1" a nivel "n".

11.2.1.5.3 Dispositivos externos especiales

El uso de sensores de movimiento es una buena práctica para mejorar el apagado de áreas cuando no haya personal presente. El objetivo es el de mantener la iluminación encendida en caso de que haya personas en el cuarto, o en el contrario que las luminarias permanezcan apagadas.

11.2.1.5.4 Dirección de rayos luminosos

11.2.1.5.4.1 Iluminación directa

Para este caso la iluminación dirige del 90 al 100% de la luz hacia abajo.

11.2.1.5.4.2 Iluminación semi-directa

La distribución de la luz se da del 10 al 40% hacia arriba y del 60 al 90% hacia abajo.

11.2.1.5.4.3 Iluminación semi-indirecta

Este es el caso opuesto al anterior, en este la distribución de luz se da del 10 al 40% hacia abajo y del 60 al 90% hacia arriba.

11.2.1.5.4.4 Iluminación difusa

Para la iluminación difusa se tiene que un 50% de distribución de luz se va hacia arriba y el otro 50% hacia abajo.

11.2.1.5.4.5 Iluminación indirecta

En la iluminación indirecta del 90 al 100% de la distribución de la iluminación se dirige hacia arriba.

11.2.1.5.5 Según la distribución del cielo raso la iluminación se puede clasificar:

11.2.1.5.5.1 Alumbrado general:

En este caso la iluminación se da de manera uniforme a lo largo y ancho del cielo raso.

11.2.1.5.5.2 Alumbrado localizada

Este tipo de iluminación se caracteriza por cubrir específicamente áreas que requieren de luminarias extras para suplir la necesidad de iluminación en el área de trabajo.

11.2.1.5.5.3 Alumbrado complementario

En este caso se debe complementar el nivel de iluminación de un área en forma permanente.

11.2.1.5.5.4 Alumbrado suplementario

Tipo de alumbrado que se caracteriza por ser utilizado en zonas de tránsito, como pasillos y escaleras.

11.2.1.5.5.5 Proveedor

La información técnica brindada por el proveedor es vital para comprender las especificaciones del producto, adicionalmente la tabla de coeficientes de utilización, entre

otros, son necesarios para la implementación del método de cálculo como el Método de Lúmenes.

11.2.1.6 Selección de luminaria

General Electric Lighting es un candidato apropiado que cumple las características necesarias para satisfacer la necesidad de iluminación, con más de 130 años en el mercado nacional.

Dicho fabricante cuenta con una gran variedad de luminarias para aplicaciones industriales. Tomando en cuenta esto, se hizo un análisis del tipo de luminaria necesaria en el Laboratorio de Calibraciones de la empresa Boston Scientific y se determinaron los modelos que podían satisfacer las necesidades, a continuación, se presenta una tabla resumen de estas:

Tabla 6. Datos comparativos de posibles luminarias General Electric

Lugar	Modelo	Consumo (W)	Lúmenes (Lm)	Eficacia (LPW)	Depreciación	Costo (\$)
Laboratorio	BT	43	4700	109.3	L70	\$264.66
	BR	49	5000	102.0	L85	\$335.61
	ET	47	4000	85.1	L82	\$510.13
	AB	33	2950	89.4	L85	\$456.44
	AD	48	5000	104.2	L85	\$443.01

Fuente: Elaboración propia, 2016

Todas las luminarias anteriormente seleccionadas en la tabla 6 fueron elegidas para una temperatura de color de 4 000 K (color blanco), las mismas cuentan con una vida útil

de 50 000 h y una depreciación de emisión de luz del 30%. Debido a esto los valores a evaluar para la selección de la luminaria son: eficacia, consumo, depreciación y tiempo.

La luminaria seleccionada es la BT Series, esta posee un consumo de 43 W, logra entregar 4700 Lm, tiene una eficacia del 109,3 LPW, una depreciación de L70 y un costo aproximado de \$ 265. Las luminarias LED tipo troffer para empotrar de la serie BT de la línea de Lumination de GE Lighting satisface la demanda a un costo accesible. Estas avanzadas luminarias son capaces de adaptarse perfectamente a los techos falsos con el fin de modernizarlos fácilmente con alta tecnología que aporta una perspectiva fresca a cualquier espacio donde sean colocadas.



Figura 43. Luminaria BT de la serie BT de la línea de Lumination de GE Lighting.

Fuente: General Electric, 2016

Esta luminaria presenta un tamaño de 0,61x1,22 m (2x4 ft) y son capaces de producir una luz uniforme y placentera que logra llenar todo el marco del patrón T. Es un producto comercial que incorpora todas las ventajas del ahorro energético y largo tiempo de vida útil de luz LED de alta calidad de GE, presenta gran eficiencia y reduce el deslumbramiento, consideraciones muy importantes para evitar reflejos en el área de trabajo.

Estas son certificadas por DLC (Design Light Consortium) y UL (Underwriters Laboratories):



Figura 44. Certificación luminarias General Electric, modelo 2x4 ft BT24 Dimmable Series
Fuente: General Electric, 2016

Según Hugo Melgar (2016), (Departamento de diseño de luminarias empresa Sylvania), indica que para el laboratorio de calibraciones en donde debe ser realizado trabajos que requieran atención al detalle, una iluminación de 1200 lux es adecuada; también comenta que esta debe ser lo más uniforme posible con el fin de evitar cansancio en los ojos, adicionalmente expresa que se recomienda el uso de difusores opalinos o lechosos (color blanco), con una temperatura de color de 4 000 a 5 000 K, mismos utilizados en las salas de cirugía.

11.2.2 Temperatura

Con la temperatura se debe tener especial cuidado en el laboratorio, debido que es vital mantener las condiciones ambientales lo más constantes para que favorezcan las mediciones y calibraciones. Según Contreras Aldana & García López (2010) y MetAs, (2005) la temperatura en los laboratorios de calibración debe ser de (20 ± 1) °C. En la sección 10.2.3.4, se determinó con la ayuda de un termohigrómetro que la temperatura en el laboratorio oscila entre 19 °C y 21 °C, en conclusión se puede observar que el laboratorio se encuentra dentro del rango de la temperatura recomendada.

Con la nueva distribución y aumento de luminarias se puede inducir a pensar que la temperatura del laboratorio aumentará, es importante resaltar que las luminarias seleccionadas son LED, el cual logran transformar la mayor parte de la energía eléctrica que consume en luz visible, haciendo que la radiación térmica sea despreciable.

11.2.3 Partículas

Las partículas son un factor que afecta directamente la medición en distintas piezas y en cierta parte la calibración de los instrumentos, por lo que se debe tener mucho cuidado a la hora de seleccionar la pintura y el piso. Se recomienda utilizar pinturas epóxicas el cual minimiza al máximo la cantidad de partículas de polvo, por otro lado, se recomienda el uso de pisos de granito pulido y no carpetas u otro tipo de piso que mantenga las partículas de polvo.

Según los resultados del análisis de partículas presentes en el laboratorio gracias al uso de un contador de partículas, se determinó que la cantidad de partículas están muy por debajo del máximo permitido por la norma (ver sección 10.2.3.6 Partículas de polvo), por lo que se determina que el ambiente actual del Laboratorio de Calibraciones es muy limpio.

11.2.4 Presión de aire

Las calibraciones o mediciones son directamente afectadas por la presión a la que se encuentra el laboratorio, sin embargo, la presión atmosférica dentro del laboratorio debe ser sutilmente mayor a la externa, con el fin de evitar la entrada de polvo o cualquier otro contaminante procedente del exterior. Por lo que, según MetAs (2005, pg. 4) el laboratorio debe tener presión positiva de 10 Pa; gracias al análisis realizado en la sección 10.2.3.8 Presión de aire, se determinó que la diferencia de presiones entre la parte exterior e interior es de 270,91 Pa, encontrándose la presión mayor dentro del laboratorio.

BSC al tener todos los cuartos con ambiente controlado no presenta problemas grandes de polvos, pérdidas de temperatura o de presión, por lo que, para evitar variaciones con las características ambientales anteriormente descritas, se propone el uso de una puerta con sensor que abra y cierra de manera automática al detectar un usuario y de esta manera evitar que esta quede abierta por largos intervalos de tiempo.

No se recomienda el uso de una cortina de aire debido al espacio confinado donde se encuentra el laboratorio, adicionalmente, el laboratorio no comunica con el exterior, sino por el contrario, con el área administrativa, el cual presenta de la misma manera un ambiente controlado. Como último factor a considerar, las cortinas de aire generan ruido que puede ser molesto para el trabajo cómodo en el laboratorio o área administrativa.



Figura 45. Propuesta de puertas automáticas a utilizar.

Fuente: Dorma, 2016

11.2.5 Piso

El tipo de piso a utilizar en el laboratorio debe ser seleccionado de manera correcta, debido a que este debe de ser de un material el cual no produzca desprendimiento de partículas de polvo, resistente a la abrasión y agentes químicos, fácil de limpiar, antideslizante y material que permita o elimine la necesidad de espacios entre baldosa y baldosa. El laboratorio de calibraciones actual cumple con las características antes descritas sobre las necesidades del piso.

11.2.6 Humedad relativa

El acabado de los instrumentos, patrones y partes metálicas de los equipos son muy sensibles a la oxidación, razón por la cual es necesario trabajar en un ambiente relativamente seco y de esta manera evitar la condensación del vapor de agua sobre las piezas de equipos. Según Contreras Aldana & García López, (2010) la humedad relativa en un laboratorio debe ser mantenida entre 40 y 60%.

Además de realizar el análisis por medio del termo-higrómetro, se realizaron verificaciones físicas que ayudaron a comprobar si el nivel de humedad es el correcto, se analizó las siguientes condiciones:

- Olores a cerrado
- Condensación
- Mohos (principalmente en paredes o detrás de escritorios)
- Paredes húmedas

Como conclusión se obtuvo que el laboratorio y sus alrededores no presentan problemas de humedad. Como se comentó anteriormente el laboratorio y la empresa como tal cuenta con equipos costosos, además al ser una empresa de equipo médico los estándares de calidad de los productos realizados debe ser muy alto. Cabe destacar que este control lo da la ventilación/aire acondicionado implementado en la empresa Boston Scientific.

11.2.7 Regulación de tensión

El laboratorio de calibraciones cuenta con equipos muy costosos, el precio de los patrones para la calibración de los distintos equipos de la empresa Boston Scientific oscilan entre los 1000 y 250 mil dólares, por lo que perder alguno de ellos por sobretensión no es una opción. Como se dijo en la sección 10.2.3.10, la planta cuenta con un sistema ininterrumpido de energía “UPS” el cual no es aprovechado por el laboratorio de calibraciones.

En el estudio realizado sobre las variaciones de voltaje en las salidas de tomacorrientes del laboratorio (tabla 4) se puede observar que no se dan grandes variaciones de voltaje. Los cambios en la red eléctrica deben de limitarse al máximo cuando se realizan medidas eléctricas que pueden ser afectadas por transiciones de tensión. Según MetAs (2005, p. 5), las variación de tensión de línea deben ser menores al $\pm 10\%$ de la tensión de línea (en este caso 120 V). Lo que quiere decir que las salidas de voltaje no pueden superar los 132 V o ser menores que 108 V.

Según el departamento de facilidades, comentan que BSC es alimentada por una red muy estable proporcionada por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), pero que no se encuentra exenta de variaciones bruscas de corriente. Por lo que es recomendable conectarse al sistema UPS.

¿Por qué es importante la protección de energía?

Incluso cortes pequeños de energía pueden ser un problema. Según Chris Loeffler (2011), (gerente de producto de la marca Eaton) explica que incluso cuando se pierde un cuarto de segundo puede desencadenar eventos que pueden mantener un equipo no disponible desde 15 minutos hasta muchas horas y como ya sabemos el tiempo es dinero.

La energía utilitaria no es 100% confiable, según Chris Loeffler (2011) solamente es confiable en un 99,9%, lo cual se traduce en tener una probabilidad de nueve horas de cortes utilitarios cada año. Además de que la energía utilitaria no es limpia, el voltaje puede presentar variaciones entre el 5,7% y 8,3%.

Los generadores y supresores contra descargas no son suficientes, los generadores logran mantener los sistemas en operación durante la eventualidad de un corte utilitario, pero al momento de encender le toma tiempo y estos no proporcionan protección contra picos de energía y algún otro problema eléctrico. Los supresores contra descargas, ayudan contra los picos de energía, sin embargo, no con problemas como condiciones de pérdida de energía y reducciones temporales de voltaje.

Por estas razones se recomienda conectar la red eléctrica del laboratorio de calibraciones a la UPS, debido a que esta proporciona energía de respaldo en caso de ocurrir alguna falla de energía utilitaria, ya sea proporcionando suficiente tiempo para que los equipos críticos sean apagados de manera correcta sin perder información u ocasionando el daño de los mismos, o brindando el tiempo necesario para mantener las cargas requeridas en operación hasta que el generador de la planta de Boston Scientific entre en línea.



Figura 46. Sistema UPS (imagen ilustrativa)

Fuente: Riello UPS, 2016

Mientras se logra completar la conexión de la red eléctrica a la UPS se recomienda el uso de supresores de picos, estos al recibir un pico de alto voltaje envían la descarga a tierra en cuestión de milisegundos, por lo que muchas veces los dispositivos no se apagan, mientras que en otras ocasiones se apagan y hace necesario reiniciar por medio de un switch.



Figura 47. Supresor de picos marca Complet, modelo BRC-1-005, capacidad de 6 A, 6 contactos.

Fuente: Complet, 2016

11.2.8 Ruido

La pérdida de la capacidad auditiva es el efecto perjudicial del ruido que más se conoce y el más grave, pero no el único. Existen otros efectos nocivos como lo es la sensación de zumbido en los oídos (acufenos), interferencia en la comunicación hablada y percepción de señales de alarmas. Por lo tanto, la protección de la audición de los trabajadores debe de funcionar contra la mayoría de estos efectos.

El deterioro auditivo inducido por el ruido es muy común, pero en muchas ocasiones se subestima debido a que no provoca efectos visibles ni, en muchos casos, dolor alguno. El grado de deterioro depende de manera directa de la duración de la exposición y al mismo tiempo de la sensibilidad del trabajador. Lamentablemente no existe ningún tratamiento médico para el deterioro auditivo, sólo existe la prevención. La pérdida auditiva generada por el ruido suele ser al principio temporal. En el curso de una jornada ruidosa, el oído se fatiga y el trabajador experimenta una reducción de su capacidad auditiva, más conocida como desviación temporal umbral (TTS); tras días, meses o inclusive años de exposición, la TTS da como resultado efectos permanentes. (Escobar, Nefa, & Vera Pintos, 1997)

Según MetAs (2005, pg. 3) el máximo de ruido en un laboratorio de calibraciones debe ser de 45 dB. Esto se debe a que si se sobrepasan los 55 dB el ruido comienza a ser molesto para la percepción del oído humano y a partir de 75 dB se considera como nivel alto de ruido, por lo que la sensación es molesta. Como se explicó anteriormente, el instrumento que genera más ruido en el Laboratorio de Calibraciones de BSC es un lápiz grabador marca Dremel el cual genera según su fabricante 86 dB; es importante resaltar que el lápiz grabador es utilizado pocas veces al día o inclusive existen intervalos de tiempo que no se utiliza, esto se debe a que el Dremel sólo es usado para grabar los equipos nuevos que ingresan a la planta de BSC.

Para combatir la sensación molesta generada por este instrumento grabador se recomienda:

- Mantener la puerta del laboratorio cerrada para evitar que el ruido llegue al área administrativa.
- Colocar la máquina vibradora sobre materiales amortiguadores.
- Utilizar por parte del trabajador y personas en los alrededores protección en los oídos (tapones endoaurales o protectores de copa).
- No dejar el equipo encendido si no se está utilizando.

11.3 Herramientas básicas

Como solución a lo planteado en la Sección 10.2.4 se compró una caja de herramientas para cada técnico, los mismos serán responsables de mantener sus herramientas completas y ordenadas, además, cada técnico cuenta con una bitácora que le permite anotar los patrones que utilizará fuera del laboratorio para calibrar, por ejemplo, en los cuartos limpios, y de esta manera mantener control de todos los dispositivos, y muy importante verificar que lleve todo el equipo al finalizar la jornada de calibración y regresar los equipos al laboratorio (ver cotización en anexo 8)

11.4 Patrones y cantidad de técnicos

Actualmente el laboratorio presenta grandes problemas con algunos proveedores externos y lo que más limita la selección de los proveedores son las certificaciones que los mismos deben de cumplir para ser aprobados por la empresa BSC, como lo es por ejemplo certificación ISO/IEC 17025:2005. Esta certificación es cara y no todos los proveedores la poseen. Uno de los proveedores más críticos es "Precision Measurement, Inc (PMI)" estos validan el certificado de calibración de las "Pulser/Receiver", actualmente el único proveedor con la capacidad de realizar la calibración de este equipo es su fabricante Olympus, pero este no es certificado ISO/IEC 17025:2005 y en consecuencia no es aprobada por la empresa BSC; lo que hace que este equipo se deba enviar primeramente a PMI para su valoración y estos lo envíen a Olympus para su calibración, al terminar el proceso de calibración Olympus devuelve el equipo a PMI (que si es certificado ISO/IEC 17025:2005) y estos certifican que la calibración fue realizada exitosamente. Es un proceso caro y que presenta muchos tiempos muertos, debido a que el equipo debe ser enviado a dos compañías distintas y el pago a PMI debe ser por adelantado, para que ellos comiencen a trabajar en el equipo, cabe destacar que el sistema de pago de BSC es por orden de compra por lo que realizar pagos por adelantado requiere tiempo y más recursos lo que adiciona problemas al proceso.

Los envíos de calibración externos son caros, llevan mucho tiempo y en la mayoría de ocasiones presentan situaciones problemáticas con los proveedores. La empresa Boston Scientific debería tener la capacidad de realizar la mayoría o todas las calibraciones dentro de su empresa y de esta manera mitigar los problemas anteriormente señalados. Se propuso:

1. Analizar las situaciones más críticas, o sea las que presentan mayores problemas como duración, pagos, tiempos de respuesta de correos electrónicos, entre otros con los proveedores externos.
2. Determinar el patrón necesario para realizar la calibración y el costo del mismo.
3. Realizar análisis de viabilidad (cantidad de equipos que se calibran con un mismo patrón, valor de compra del patrón contra valor de calibración por parte del proveedor, tiempo que le toma a los técnicos en realizar las calibraciones de determinados equipos, entre otros)

4. Si lo anterior es aprobado, se debe enviar a capacitar los técnicos para la realización correcta de la calibración.

Cabe destacar que para cumplir lo anterior se debe tener la aprobación de los altos directores, por lo que se debe justificar muy bien los pasos antes descritos. Con la ayuda del ingeniero supervisor del Laboratorio de Calibraciones Erik Bolaños se llevó a cabo la selección de algunos procesos en donde la calibración podía ser realizada dentro de la compañía, para esto solo sería necesario la compra de los patrones, debido a que los técnicos ya cuentan con el entrenamiento para poder realizar las calibraciones.

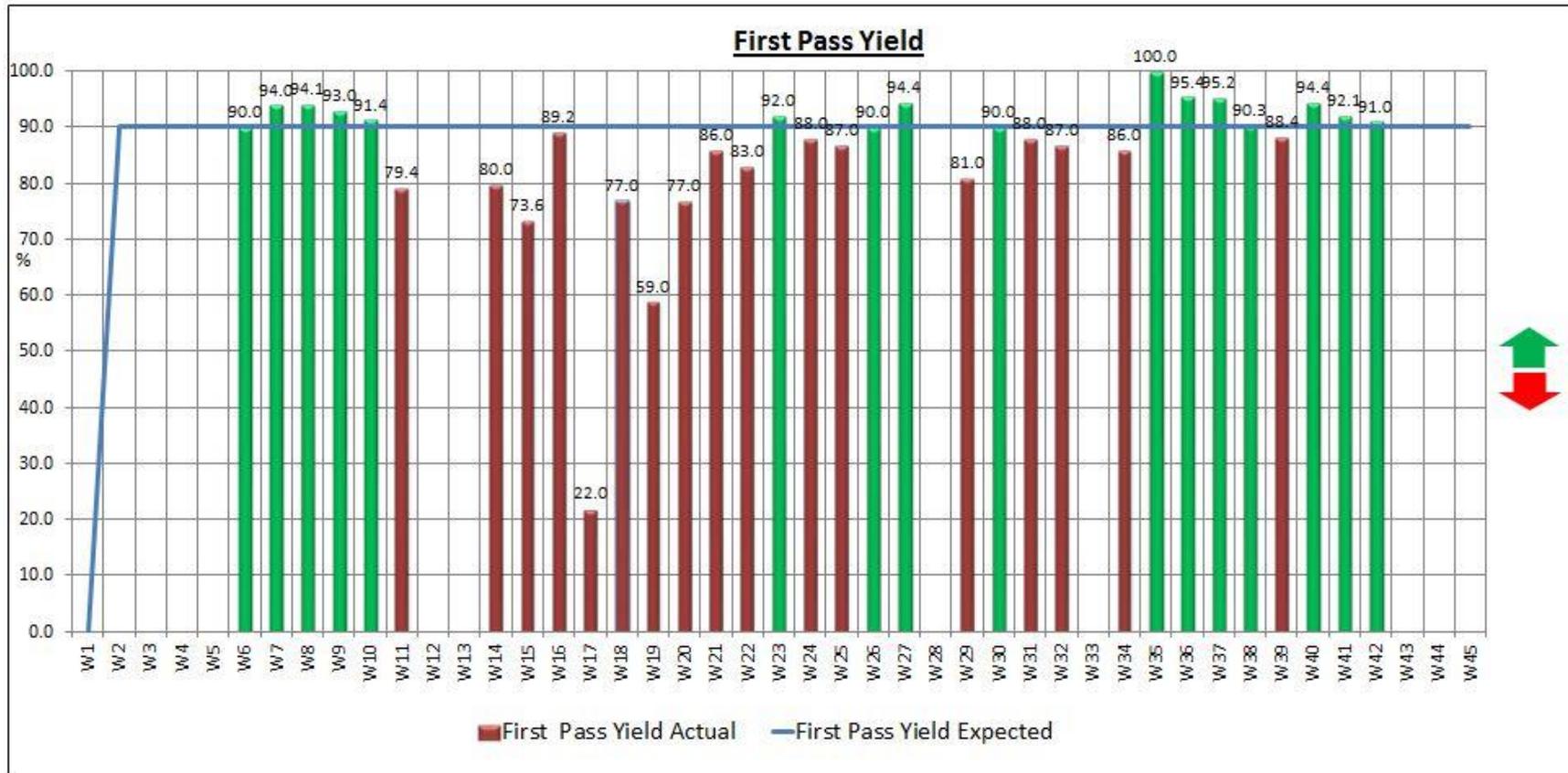
En estos últimos seis meses se han comprado 3 patrones, la compra más significativa es la de una cámara de ambiente para la calibración de sensores de humedad y temperatura, actualmente en la planta existen aproximadamente 60 sensores, y todos ellos van a calibración externa. Cada calibración de esta, cuesta aproximadamente \$250 (doscientos cincuenta dólares) y la cámara de ambiente tuvo un costo de \$12000 (doce mil dólares). Con un año de la calibración de los sensores se gasta un promedio de \$15000 (quince mil dólares), por lo que el retorno de inversión se obtiene en aproximadamente 10 meses.

Lo anterior demuestra que en la mayoría de veces es mejor invertir en los patrones y entrenamiento de los técnicos para que estos realicen la calibración dentro de BSC y se eviten las calibraciones externas. Lo anterior se cumple cuando existe una cantidad de equipos significativa, esto quiere decir que si se tiene pocos equipos sale más barato enviarlo a calibrar afuera, esto se debe a que la mayoría de patrones y entrenamientos son muy caros y para calibrar por ejemplo 5 equipos al año no vale el gasto.

En otros casos, no es posible comprar el patrón y entrenar a los técnicos, esto es debido a la dificultad de la calibración y a que no todos los proveedores brindan entrenamientos para la calibración de sus equipos. Como es el caso propiamente de PMI, anteriormente descrito (para cotizaciones de patrones ver anexo 9).

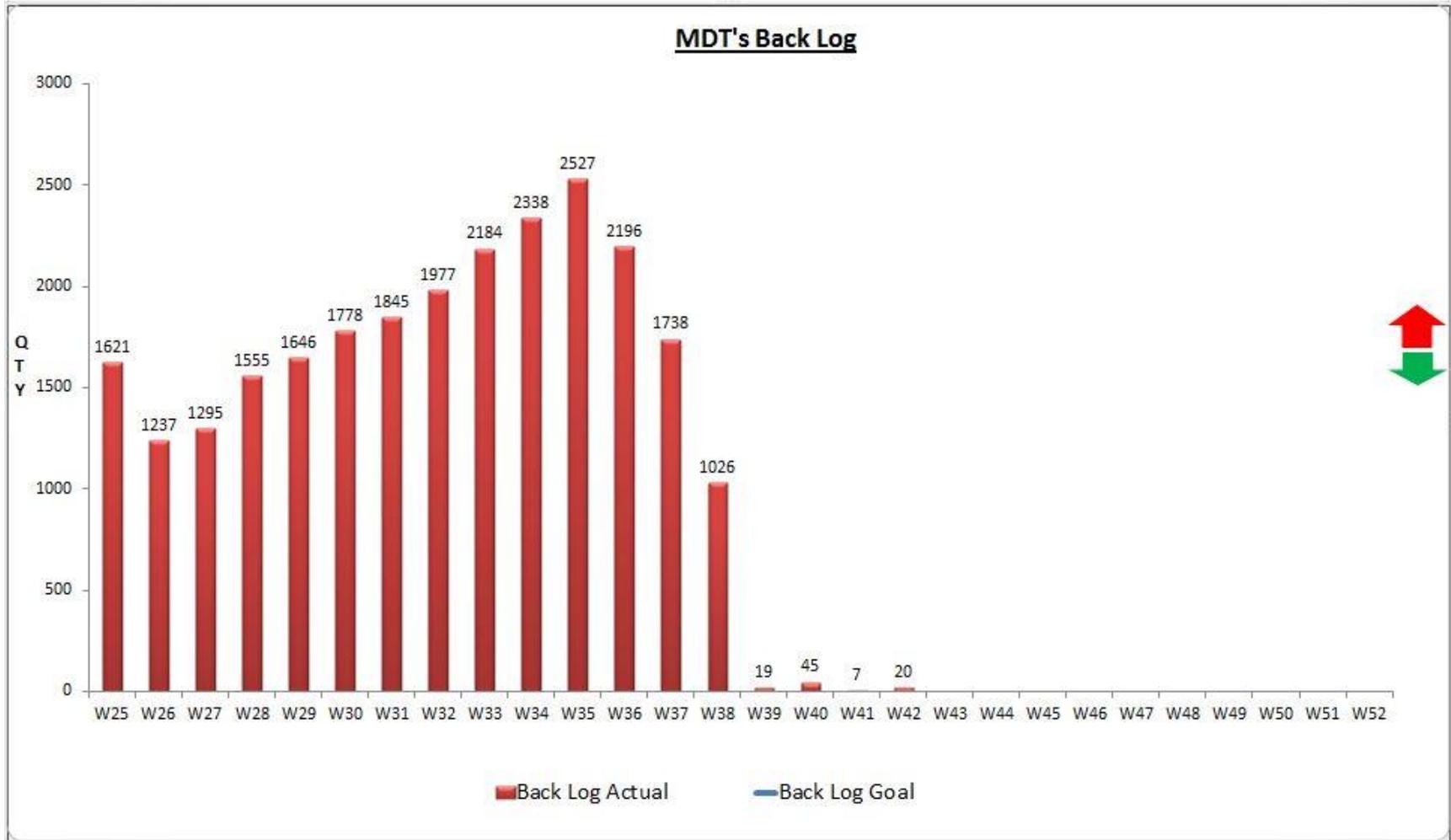
Con el análisis del gráfico 8, 9 y 10 nos permite determinar si la cantidad de técnicos es suficiente para cumplir con la cantidad de calibraciones:

Gráfico 8. Meta de un 90% de MDT's aprobados en su primera revisión cada semana, actualizado.



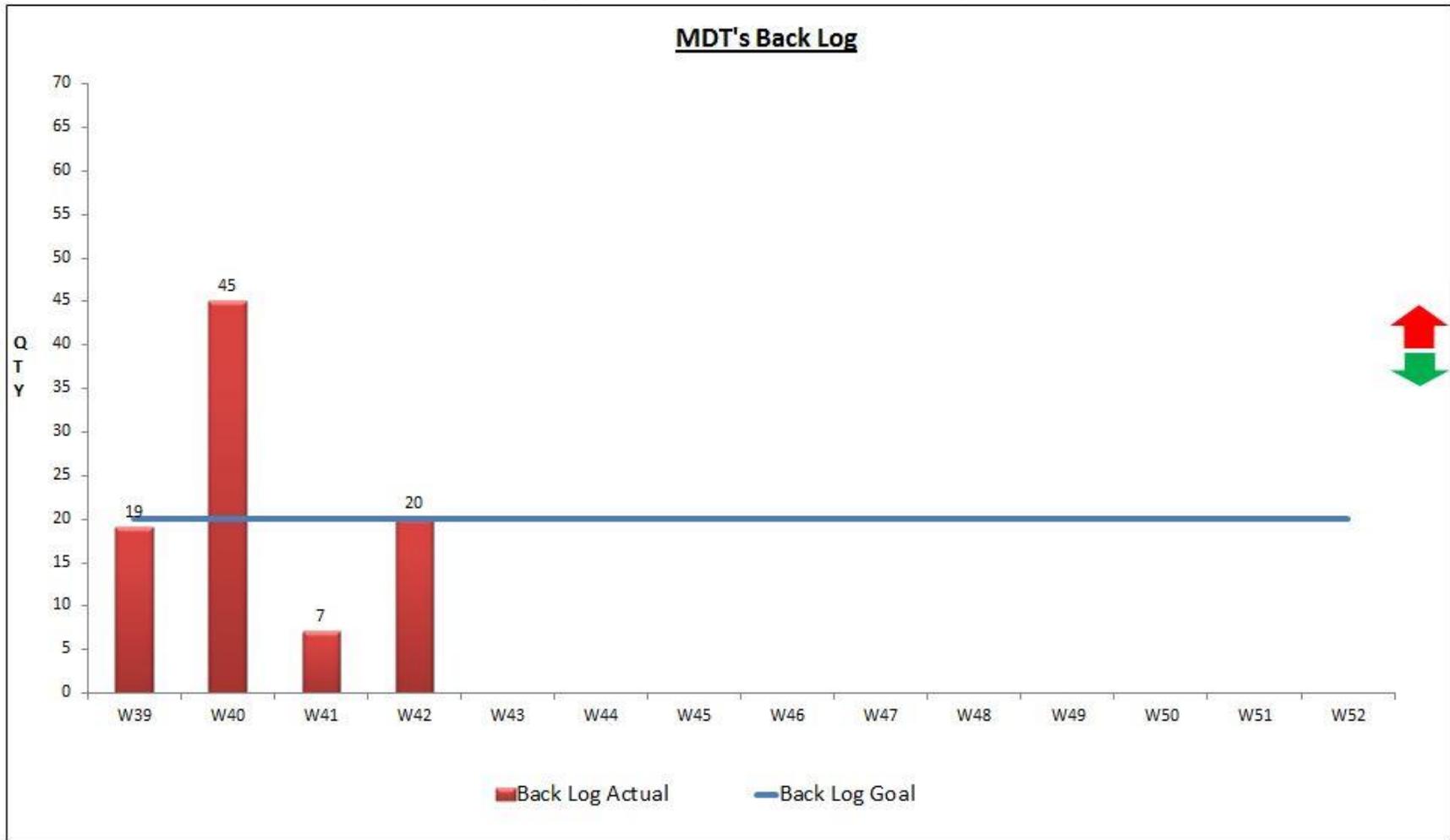
Fuente: Boston Scientific, 2016

Gráfico 9. Cantidad de MDT's sin revisar, actualizado.



Fuente: Boston Scientific, 2016

Gráfico 10. Meta propuesta de máximo 20 MDT's sin revisar por semana.



Fuente: Boston Scientific, 2016

Gracias al control de métricas anteriores se puede determinar que la cantidad de técnicos en el laboratorio es suficiente para cumplir con la exigencia de cantidad de calibraciones, actualmente se tiene un interino encargado de las calibraciones externas, pero anteriormente la persona responsable era uno de los técnicos. A pesar que la cantidad de técnicos logra satisfacer la demanda de calibración de cada mes, hace necesario contratar a una persona que maneje el control de las calibraciones externas, en caso contrario uno de los técnicos pasaría a realizar esta tarea limitando la productividad de todo el equipo y afectando directamente los resultados en las métricas. Las calibraciones externas es un tema que los gerentes no consideran de mucha importancia, por lo que no se da un presupuesto para la contratación de una persona que esté a cargo de esta tarea, generando graves problemas, como pérdidas y demoras en el regreso de los equipos o inclusive paros en las líneas de producción.

Como se destaca en el gráfico 8, los re-trabajos han disminuido en gran manera, esto porque anteriormente si un técnico encontraba alguna anomalía en el trabajo realizado en una calibración por otro técnico este lo enviaba al técnico que cometió el error para que este lo corrigiera; ahora, si el técnico que detecta el error es capaz de corregirlo este lo hace de una vez, evitando tiempos muertos de re-trabajo y aumentando la productividad del proceso de calibración.

Como se puede ver en el gráfico 9, cantidad MDT's actualizado, la rúbrica ha descendido de manera abrupta, esto es gracias a que se tiene un interino trabajando actualmente en el área de calibración externa, lo que genera a los técnicos una mejor distribución de su tiempo para realizar calibraciones y revisiones de los resultados obtenidos de las mismas. Por otra parte, como es posible observar en el gráfico 10, se propuso tener un máximo de 20 MDT's sin revisar por semana, gracias a esta meta los técnicos luchan por mantener visible la rúbrica por debajo, sin sobrepasar lo establecido.

12 Distribución de la planta del laboratorio

Para ser capaz de definir un modelo para la organización estructural más apropiada del laboratorio se realizaron algunas visitas a empresas metrológicas que actualmente brindan servicios de calibración de equipos y control de calidad. Las empresas visitadas fue SCM Metrología y Laboratorios S.A. y A1 Calibration Laboratory S.A. Ambas poseen un laboratorio certificado por la INTE-ISO/IEC 17025 y son las entidades de calibración externas nacionales más utilizada por la empresa Boston Scientific para sus equipos. Dichas empresas ofrecen servicios de alta calidad, las condiciones ambientales de las instalaciones están bien controladas, poseen mesones de granito debidamente reglamentados, la calibración de los instrumentos se realiza en el mismo laboratorio con patrones debidamente certificados.



Figura 48. Certificado acreditación empresa SCM Metrología y Laboratorios S.A. en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.

Fuente: SCM Metrología y Laboratorios S.A., 2016



PERRY JOHNSON LABORATORY
ACCREDITATION, INC.

Certificate of Accreditation

Perry Johnson Laboratory Accreditation, Inc. has assessed the Laboratory of:

A1 Calibration Laboratory S.A.
TERRUM 25 condominium, Rio Segundo, Alajuela Costa Rica

(Hereinafter called the Organization) and hereby declares that Organization is accredited in accordance with the recognized International Standard:

ISO/IEC 17025:2005

This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system (as outlined by the joint ISO-ILAC-IAF Communiqué dated January 2009):

Calibration of Dimensional, Electrical, Mechanical, Thermodynamic and Weighing Devices
(As detailed in the supplement)

Accreditation claims for such testing and/or calibration services shall only be made from addresses referenced within this certificate. This Accreditation is granted subject to the system rules governing the Accreditation referred to above, and the Organization hereby covenants with the Accreditation body's duty to observe and comply with the said rules.

For P.J.L.A.:

Tracy Szerszen
President/Operations Manager

Perry Johnson Laboratory
Accreditation, Inc. (P.J.L.A.)
755 W. Big Beaver, Suite 1325
Troy, Michigan 48084

<i>Initial Accreditation Date:</i>	<i>Issue Date:</i>	<i>Expiration Date:</i>
April 9, 2008	August 13, 2014	August 31, 2016

<i>Accreditation No:</i>	<i>Certificate No:</i>
59381	L14-213

The validity of this certificate is maintained through ongoing assessments based on a continuous accreditation cycle. The validity of this certificate should be confirmed through the P.J.L.A. website: www.pjilabs.com

Page 1 of 10

Figura 49. Certificado acreditación empresa A1 Calibration Laboratory S.A. en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.

Fuente: A1 Calibration Laboratory S.A., 2016

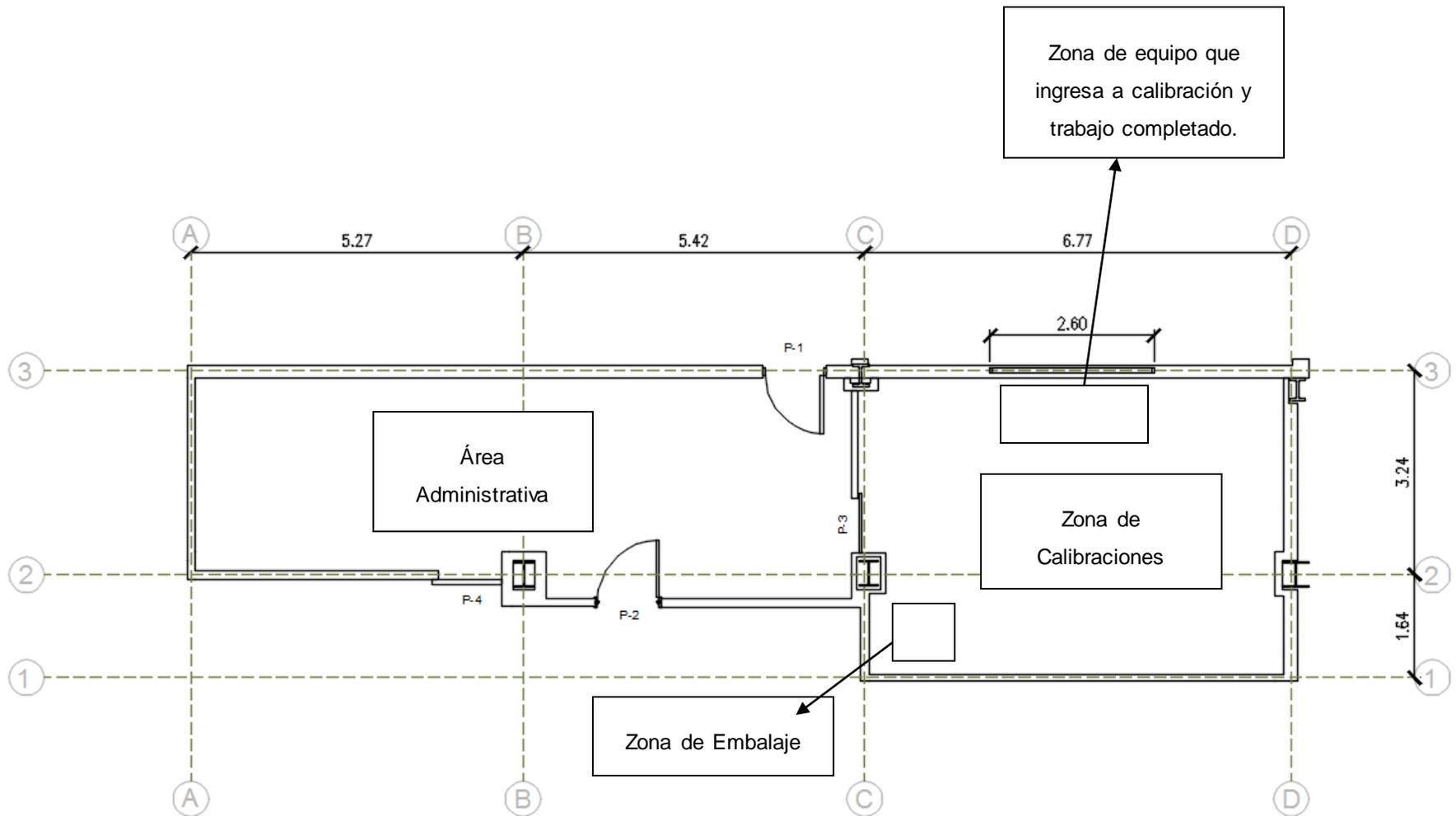


Figura 50. Distribución propuesta de planta del laboratorio y área administrativa.

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2015

El laboratorio cuenta con tres zonas principales, las cuales contarán con funciones específicas de acuerdo al área de trabajo. En las figuras 50 y 51 se puede observar más al detalle lo que va a contener cada una de las salas.

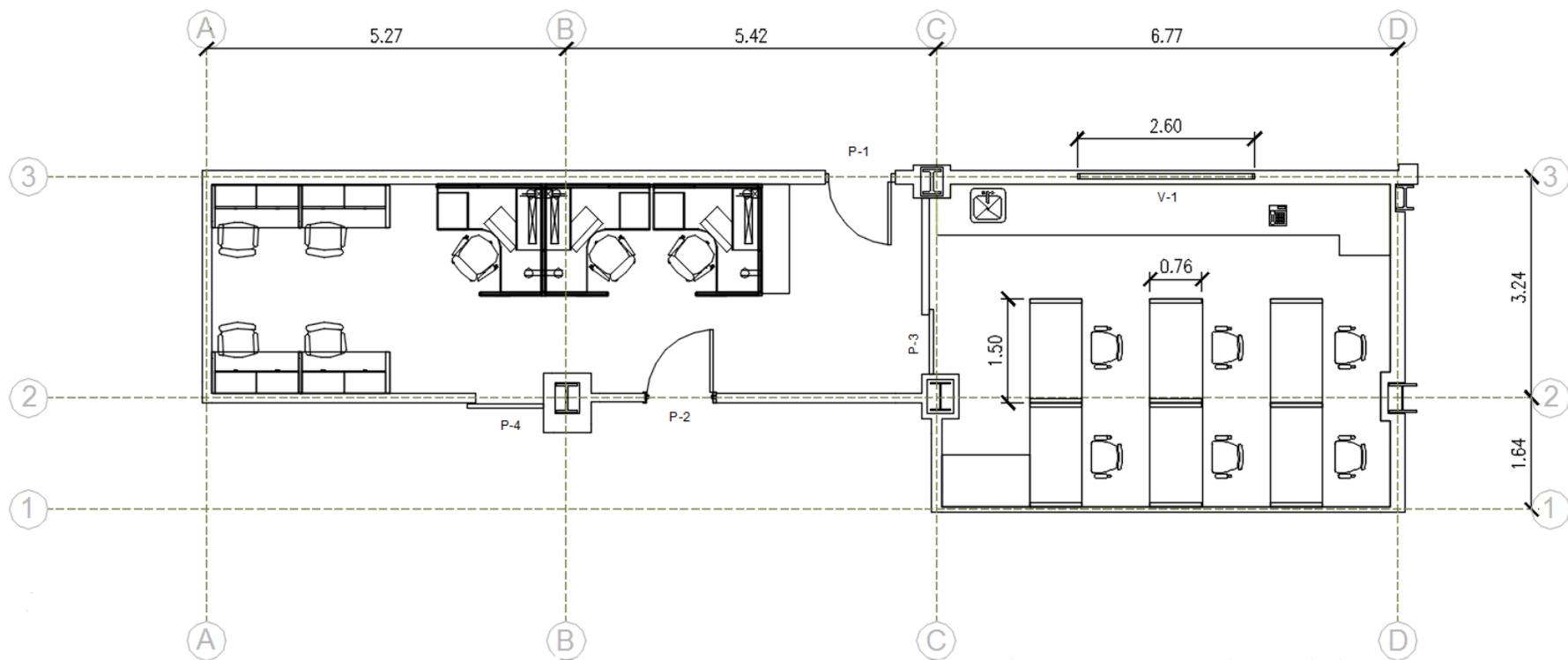


Figura 51. Distribución de planta del laboratorio y área administrativa al detalle.

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2015

13 Vista Isométrica del laboratorio de calibraciones Boston Scientific.

A continuación se puede observar en la figura 52 la representación de un modelo en tres dimensiones de lo que serán las instalaciones del laboratorio.



Figura 52. Vista proyectada del Laboratorio de Calibraciones.

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2015

La zona de calibraciones estará conformada por tres hileras de mesas especialmente diseñadas para un laboratorio; cada hilera permitirá realizar la calibración de las distintas variables, por lo que las mismas contarán con las facilidades para simplificar las calibraciones, como lo es: tomas de presión de aire, tomacorrientes, distribución adecuada de equipos patrones, herramientas, iluminación, espacio adecuado para calibración dimensional, entre otros.



Figura 53. Distribución del nuevo laboratorio.

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2015

13.1 Mesas de laboratorio

Las mesas de laboratorio seleccionadas son las “IAC D4 Modular Workstation” El modelo D4 de la marca IAC Industries es la estación de trabajo más versátil, adaptable, flexible y útil disponible hoy. Si a futuro el laboratorio crece o se traslada a otro sitio con un diseño distinto al actual, este tipo de mobiliario se expande fácilmente al crecimiento o necesidades del usuario y espacio físico.

Según IAC Industries este tipo de mesas son ergonómicamente diseñadas, combinando ergonomía con alta normativa de manufactura para asegurar la seguridad del trabajador, mejorar la eficiencia y la alta productividad. Cada estación D4 es completamente ajustable, proporcionando al usuario la habilidad de modificar su estación con: descansa pie, estantería, altura de mesa de trabajo ajustable, iluminación focalizada, canaleta eléctrica, superficies para colocar la computadora, herramientas u equipo en distintas a la mesa principal de trabajo, gavetas, entre otros más. El precio estimado de cada mesa es de \$1800 (mil ochocientos dólares), aproximadamente ₡1008000 (un millón ocho mil colones).



Figura 54. Mesas de trabajo propuestas.

Fuente: IAC Industries, 2016

(Ver cotización de mesas en anexo 6)

13.2 Zona de embalaje

La zona de embalaje (ver figura 55) contará con mobiliario con grandes espacios que permitan guardar las maletas de seguridad destinadas para equipo externo. Se propuso la compra de maletas de seguridad (ver figura 56) que permitan al equipo llegar a su destino sin golpes ni daños, debido que se ha tenido el problema que los equipos lleguen con daños o golpes por el mal manejo del mismo durante el traslado.



Figura 55. Propuesta nuevo Laboratorio de Calibraciones de Boston Scientific.

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD 2015



Figura 56. Maletas de seguridad, marca Pelican.

Fuente: Pelican, 2016

(Ver cotización de maletas de seguridad en anexo 7)

14 Análisis económico para la construcción del Laboratorio de Calibraciones.

Para el análisis económico de la construcción del Laboratorio de Calibraciones se tendrá en cuenta todo lo relacionado a la parte de infraestructura que cumpla con la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005, para la operación de un laboratorio de metrología.

La empresa Boston Scientific cuenta actualmente con contratistas avalados para la realización de labores dentro de la planta. Estos al trabajar de manera interna en la planta, evalúan la actividad que será realizada y brindan un aproximado del costo total. Si se cuenta con la capacidad económica para efectuar el trabajo, lo contratistas proceden a dar una cotización formal y comenzar con la remodelación.

Para remodelación del laboratorio actual se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- I. Puerta Corrediza automática que abra con gafete
- II. Cambio de Cielo Raso
- III. Reubicación de Salida de Aire Acondicionado
- IV. Reubicación de Salida Eléctrica de Cielo Raso
- V. Bajar un polo de toma aire de presión
- VI. Instalación de 12 Lámparas Led, entubado y cableado
- VII. Instalación de 2 Salidas de Red Ethernet
- VIII. Entubado y Cableado de 6 Tomas Corriente Canaleta Metálico 6" con accesorios.
- IX. Material del cielo raso no puede soltar partículas
- X. Pintura General
- XI. Reubicación de Mobiliario
- XII. Trabajo debe realizarse fines de semana.
- XIII. Cubrir área y muebles con burbuja

Boston Scientific al ser una empresa médica mantiene procedimientos muy rigurosos a la hora en que se realizan trabajos que conlleven a un ambiente con exposición a partículas, polvo, suciedad, entre otros. En caso de presentarse el caso anterior será necesario cubrir el área de trabajo con burbuja y evitar el esparcimiento de agentes contaminantes o dañinos para la empresa como tal. Por otro lado los trabajos deben ser efectuados fines de semana (horarios donde se para el trabajo en área a modificar). En caso de que la labor tenga que ser realizada en varios fines de semana, al finalizar cada uno de estos el área tiene que quedar lista para que se puedan realizar los trabajos cotidianos de la semana.

Para el caso de este proyecto se decide tomar la opinión tanto de contratistas internos como de empresas constructoras externas para poder realizar una comparación de costos.

14.1 Contratista interno

Como se comentó anteriormente, los contratistas internos no brindan una cotización formal hasta que el avalúo económico sea aceptado por los gerentes y de esta manera asegurarse que el trabajo será realizado. De acuerdo con el avalúo realizado por contratistas internos de la empresa BSC, la remodelación completa del laboratorio tendría un costo aproximado de \$20000 (veinticinco mil dólares), un promedio de ₡11200000 (once millones doscientos mil colones).

14.2 Contratista externo

Para la cotización de la remodelación se buscó una empresa constructora que posea la capacidad de realizar el trabajo y cumpla con los aspectos para poder ingresar a la planta BSC, para esto se contactó con Carlos Arce Bolaños, Consultoría, Diseño y Construcción. Dicha constructora visitó la empresa e hizo los estudios necesarios para evaluar el costo de la remodelación, por lo que determinaron que su costo aproximado sería de ₡4250000 (cuatro millones doscientos cincuenta mil colones).

Cabe destacar que BSC no acepta trabajos de instituciones ajenas a las que se encuentran ya reconocidas por la empresa, la idea de traer un contratista externo es poder observar la diferencia de precios. Por otra parte, la empresa BSC pide requisitos estrictos a sus contratistas como pólizas de seguros, entrenamientos, procedimientos que seguir para cada tiempo de trabajo a realizar entre muchos otros más.

Como se puede observar la diferencia entre las cotizaciones es muy significativa, esto se debe a los altos estándares de seguridad, higiene, entrenamientos, procedimientos, pólizas de seguro, entre otros aspectos que deben ser cumplidos por las compañías para poder realizar trabajos dentro de la planta de Boston Scientific. (Ver cotización en anexo 10)

15 Conclusiones

1. Se diseñó un laboratorio de calibraciones que cumple con los siguientes lineamientos de la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005:
 - ✓ Los datos obtenidos en el análisis de partículas suspendidas en el aire determina que el valor promedio en el aire es significativamente inferior al valor establecido en la norma (tamaño mayor a $0,5 \mu\text{m}$ es de 431 020 partículas/ m^3 , con un tamaño mayor a $1,0 \mu\text{m}$ es de 117 049 partículas/ m^3)
 - ✓ Los niveles de diferencial de tensión en los puntos de medición pueden tener una variación máxima y mínima de $\pm 10\%$ de la tensión de salida, y el porcentaje de variación en la red eléctrica del laboratorio no excede el 0,4%, por lo que se comporta de manera satisfactoria y no es necesario realizar cambios en este apartado.
 - ✓ En el análisis de presión de aire realizado dentro y fuera del laboratorio de calibraciones, indica que se tiene presión de 91 970 Pa y 91 700 Pa respectivamente, cumpliendo de manera satisfactoria con la norma. (Presión positiva de 10 Pa)
 - ✓ En el análisis del sistema de luminarias se determina que el laboratorio de calibraciones requiere una modificación inmediata, con el fin de cumplir con el nivel de iluminación exigido por la normativa vigente para laboratorios de calibración donde se realicen trabajos finos (1 200 lux). Por lo tanto deben ser instaladas 12 luminarias con un tamaño de 0,61 m x 1,22 m modelo BT de la marca General Electric
 - ✓ La temperatura del laboratorio oscila entre los 19 °C y 21 °C, de acuerdo a la norma la temperatura dentro de laboratorios de calibraciones debe ser de (20 ± 1) °C, por lo que el laboratorio cumple satisfactoriamente con este parámetro.
 - ✓ La humedad relativa presentada por el laboratorio se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma. (humedad relativa entre el 46 y 48%), el rango adecuado según la norma es que la humedad relativa debe encontrarse entre el 45 y 60 %.
 - ✓ El ruido y vibraciones no presentan ningún tipo inconveniente, los mismos se encuentran dentro de los valores adecuados para el tipo de infraestructura analizada.

- ✓ Se propuso una distribución del laboratorio que aproveche de manera eficiente el poco espacio que el mismo posee.
- 2. La propuesta (hoja electrónica inteligente) para dar trazabilidad a los equipos de calibración externa se aplicó, y se obtuvo que la cantidad de equipos con problemas se redujo al 0%.
- 3. La trazabilidad de los equipos calibrados externamente aumentó, (empleando la hoja electrónica inteligente) el proceso de calibración externa logra cumplir el ciclo de tiempo establecido para proveedores nacionales (22 días) e internacionales (45 días).
- 4. Con el análisis de métricas se determinó que la cantidad de técnicos presentes cuentan con la capacidad de cumplir con la demanda de calibraciones, siempre y cuando el manejo de calibraciones externas sean manejadas por otro profesional.
- 5. Los planos propuestos fueron conceptualizados con el fin de aumentar la ergonomía, salud ambiental y eficiencia en la atención de los servicio del Laboratorio de Calibraciones de la empresa Boston Scientific.
- 6. Se determinó que con un contratista interno el costo total por las modificaciones en el laboratorio de calibraciones, compra de patrones y herramientas básicas es de aproximadamente ¢26 154 800 (veintiséis millones ciento cincuenta y cuatro mil ochocientos colones) y para un contratista externo es de ¢19 210 800 (diecinueve millones doscientos diez mil ochocientos colones).

16 Recomendaciones

1. Para evitar demoras o pérdidas de equipos en el proceso de calibración externa se recomienda el uso de la hoja electrónica para de esta manera llevar el control de los instrumentos y su estado de manera eficiente.
2. Contratación de un profesional que sea el encargado del proceso de calibración externa.
3. El rediseño del laboratorio de calibraciones propuesto, debido a que este cumple con los requerimientos establecidos por la norma INTE-ISO/IEC 17025:2005.
4. Cambiar el mobiliario actual por el propuesto, de esta manera brindar a los técnicos un área de trabajo ergonómica y que posea todos los utensilios necesarios para cumplir con las tareas de calibración.
5. Analizar la posibilidad de realizar la mayoría o todas las calibraciones dentro de la empresa Boston Scientific y de esta manera evitar los problemas que conlleva las calibraciones externas.
6. Realizar el cambio del sistema de iluminación existente por tecnología LED.
7. Aumentar el número de luminarias y ubicarlas según el estudio realizado en este proyecto.
8. Implementar el uso de sensores de movimiento para disminuir el gasto injustificado energético por iluminación.
9. Configurar los circuitos del sistema de iluminación por bloques para ser operados o accionados por distintos apagadores y de esta manera ahorrar energía.
10. Conectar la red eléctrica del laboratorio de calibraciones a sistema UPS, para tener de esta manera la calidad de energía exigida por la norma y respaldo en caso de ocurrir fallo en el suministro eléctrico.
11. Se recomienda realizar un estudio de métodos y movimientos en el taller de calibraciones para determinar de acuerdo a la carga de trabajo en calibraciones, el número idóneo de personal técnico.

17 Bibliografía

1. INTECO. (2005). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. INTE-ISO/IEC 17025:2005. Costa Rica. INTECO.
2. Solé, A. C. (2008). Instrumentos industriales, su ajuste y calibración. Marcombo.
3. Piñeiro, M. M. (2000). Metrología: introducción, conceptos e instrumentos. Universidad de Oviedo.
4. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo. (1998). NTP 211: Iluminación en los centros de trabajo. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_211.pdf.
5. Gallego, M; Márquez, P; Milán, V; Moreno, V; Vida, F; y otros. (2006). Manual para la formación en Prevención de Riesgos Laborales. España: Lex Nova. Obtenido de <http://www.ciss.es/publico/demos/2008038.pdf>.
6. Sibaja, R. (2002). Salud y Seguridad en el Trabajo. (EUNED, Ed.) San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
7. Sanz, M. P. G. (2011). Iluminación en el Puesto de Trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento. Línea]. Available: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf> [Último acceso: octubre 2014].
8. Hilario, A., & Carbonell, P. J. (2001). Calibración de equipos de medida según ISO 9000. CEA-IFAC.
9. Farrás, J. G. (2012). Capítulo 45 Control ambiental en interiores. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

10. Contreras Aldana, E. & García López, E. (2010). Diseño y construcción de un laboratorio básico de metrología dimensional como apoyo de la asignatura máquinas térmicas alternativas Santander: Universidad Industrial de Santander.
11. Barahona, G. (2016). Iluminación Industrial Características Generales. Cartago, Costa Rica.
12. INTECO. (2014). Niveles de iluminancia y condiciones de iluminación en centros de trabajo en interiores. INTE 31-08-06:2014. Costa Rica: INTECO.
13. MetAs (2005). Condiciones ambientales para calibración y prueba en laboratorio y campo (No. 06) Suiza: La Guía MetAs.
14. Rea, M. S. (1988). Proposed revision of the IESNA illuminance selection procedure. Journal of the Illuminating Engineering Society, 17(1), 20-28.
15. Acuña Acosta, M. (2015). Propuesta de Diseño de un Sistema de Iluminación de Bajo Consumo Energético para la empresa British American Tobacco Caribbean & Central America.
16. Loeffler, C. & Spears, E. (2011). Básicos para UPS Estados Unidos: Eaton.
17. Dieck, R. H., & Systems Instrumentation. (1992). Measurement uncertainty: methods and applications (pp. 91-112). Research Triangle Park, NC: Instrument Society of America.

18 Anexo

Anexo 1. Cuestionario sobre la percepción de los trabajadores de los sistemas de iluminación.

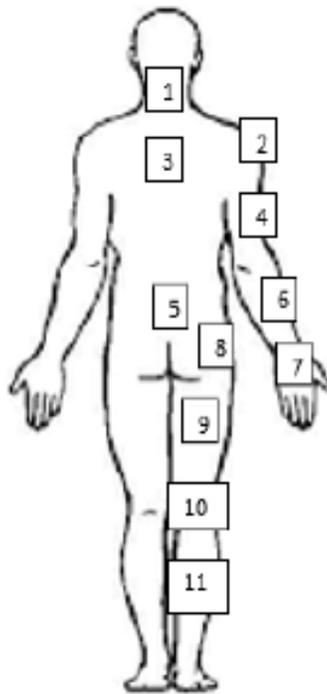
Instrucciones: Lea atentamente cada pregunta y respuestas. Marque con una "x" la opción que usted considere correcta.

Cuestionario sobre la percepción de los trabajadores de los sistemas de iluminación	
Hora de aplicación del cuestionario: Nombre del edificio: Número del puesto de trabajo (exclusivo del evaluador): Condiciones meteorológicas (soleado/nublado/lloviznando/lluvioso/otros):	
Nombre de la persona evaluada:	
1. ¿Cómo considera el espacio del ambiente donde normalmente desarrolla sus labores?	Amplio () Mediano () Pequeño ()
2. ¿Cómo caracteriza la iluminación del área de trabajo?	Excesiva () Buena () Regular () Mala ()
3. ¿Considera usted que con sólo utilizar la luz natural sería suficiente para realizar sus labores?	Si () No ()
4. ¿Considera usted que la utilización de luz artificial es necesaria?	Si () No ()

<p>5. Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo y desarrollar más fácilmente su trabajo, preferiría:</p>	<p>Más iluminación () Igual () Menos Iluminación ()</p>
<p>6. ¿Considera usted que existen reflejos en su puesto de trabajo?</p>	<p>Si () No ()</p>
<p>7. Señale con cual (es) de estas afirmaciones está usted de acuerdo:</p> <p>-Tengo que forzar mucho mi vista para poder realizar mi trabajo ()</p> <p>- Las luces producen brillos o reflejos en mi puesto de trabajo ()</p> <p>- La luz de algunas lámparas o ventanas me da directamente en la cara ()</p> <p>- Cuando realizo mis labores se me dificulta visualizar letras, colores, números ()</p> <p>- Existen sombras molestas en mi puesto de trabajo ()</p> <p>-Hago sombra con mi cuerpo ()</p> <p>- Los colores de las mesas, bandas u otras superficies de trabajo dificultan realizar mi labor ()</p>	
<p>8. ¿Cuáles mejoras considera usted que podrían existir en su puesto de trabajo?</p>	

Cuestionario de signos y síntomas

Fecha: Nombre del edificio: Nombre de la persona: Horario de trabajo:		
Sexo: F () M() Edad:	Edad laboral:	Antigüedad en el puesto:
Signos y Síntomas	Si	No
Presenta fatiga en los ojos		
Presenta visión borrosa		
Posee una sensación de tener un velo en los ojos		
Presenta vista cansada		
Presenta picazón el ojos		
Presenta ojos rojizos		
Presenta pesadez en los párpados		
Presenta dolores de cabeza		
Presenta lagrimeo		
Sequedad de ojos		
Hinchazón el ojos o párpados		
Existe sensación de arenilla en el ojo		
Pérdida de nitidez		
Dolor de ojos		



Cornell University, 1994

	En la última semana trabajada con qué frecuencia sintió dolor, molestia o incomodidad					Si ha experimentado dolor ¿qué tan intenso ha sido?			Si ha tenido dolor, éste ha interferido con su capacidad para trabajar		
	Nunca	1-2/sem	3-3/sem	1/día	Varias al día	Leve	Moderado	Excesivo	No	Poco	Mucho
1-Cuello (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2-Hombro (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3-Espalda alta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4-Brazo (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5-Espalda baja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6-Antebrazo (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7-Muñeca y mano (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8-Cadera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9-Muslo (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10-Rodilla (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11-Pierna (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12-Pie (izq) (der)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Anexo 2. Tablas de Reflexión

Tabla 7. Factores de Reflexión del cielo raso

f_{rc}	
COLOR	Porcentaje
Blanco	80 - 85
Marfil	70 - 80
Crema	65 - 70
Amarillo pálido	60 - 65
Amarillo	60
Rosa	60
Verde claro	60
Gris claro	55 - 60
Gris	35 - 50
Anaranjado	45
Rojo pálido	35 - 40
Rojo ladrillo	30 - 35
Verde oscuro	20 - 30
Azul oscuro	15 - 20
Caoba	8 - 12
Negro	2 - 15

Tabla 8. Factores de reflexión de las paredes

f_{rm}	
COLOR	Porcentaje
Claros	50
Medias	30
Oscuros	10

Tabla 9. Factores de reflexión del piso

f_{rp}	
COLOR	Porcentaje
Claro	50
Medio	30
Oscuro	10

Tabla 10. Factores de Mantenimiento Luminoso Total

Clasificación del Local	Subfactor debido a la depreciación del flujo luminoso	Subfactor debido a la suciedad de las lamp y el local	Factor de Mantenimiento lum TOTAL (*)
Limpio	0,9	0,9	0,81
Medio	0,9	0,8	0,72
Sucio	0,9	0,7	0,63

(*) Válido para un valor luminoso de la lámpara a las 100 horas. Si el flujo se da a las 2000 horas, el factor de mantenimiento total deberá multiplicarse por 1,1. Para valores mínimos de iluminación en lugar de los valores de servicio, el factor de mantenimiento total deberá ser multiplicado por 0,9. Este Factor de Mantenimiento Luminoso es conocido como Factor de pérdida luminosa.

Anexo 3. Fichas técnicas de luminarias.

Actuales.



Product Number: 22175
Order Abbreviation: FO32/765/ECO
General Description: 32W, 48" MOL, T8 OCTRON fluorescent lamp; color temperature, rare earth phosphor, 75% suitable for IS or RS operation, ECOLOGIC

Product Information	
Abbrev. With Packaging Info.	FO32765ECO 30/CS 1/SKU
Actual Length (in)	47.78
Actual Length (mm)	1213.6
Average Rated Life (hr)	25000
Base	Medium Bipin
Bulb	T8
Color Rendering Index (CRI)	78
Color Temperature/CCT (K)	6500
Diameter (in)	1.10
Diameter (mm)	27.9
Family Brand Name	Octron® 700, Ecologic
Industry Standards	ANSI C78.81 - 2001
Initial Lumens at 25C	2700
Mean Lumens at 25C	2430
Nominal Length (in)	48
Nominal Wattage (W)	32.00



Propuestas

Lumination™ LED Luminaires

2' x 4' Recessed Luminaire
BT24 Dimmable Series



Project name _____

Date _____

Type _____

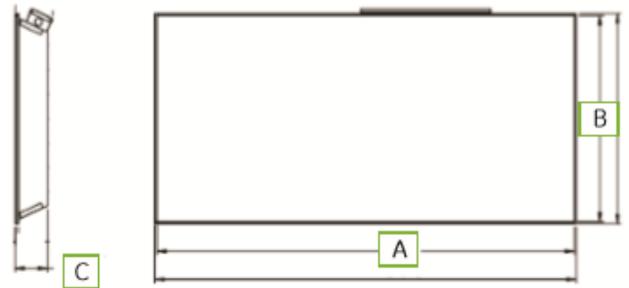
Product Description:

The Lumination BT Dimmable Series LED Luminaire is a commercial ceiling luminaire that provides high uniformity, excellent efficiency and reduced glare in T-grid ceiling applications. The improved lumen maintenance off greater than L70 of initial lumens at 50,000 hours of operation, allows lower maintenance costs over time. It is suitable for indoor general lighting.

Performance Summary:

Distribution Patterns: Lambertian
Delivered Lumen Output: 4700 lm (4000K), 4500 lm (3500K)
System Input Power: 43 W
Standard Dimming Compatibility: 0-10V
Efficacy: 109 LPW (4000K), 105 LPW (3500K)
Input Voltage: 120-277V, 347V
CCT: 3500K, 4000K
Typical CRI: 80+, R9: >0
Color Consistency: 4 Step MacAdam Ellipse
Lifetime Rating: 50,000 Hours @ L70
Input Frequency (Hz): 50/60Hz
Power Factor: >0.9
Dimensions: UL Version: 47.7 in x 23.9 in x 3.5 in
THD: <20%
Mounting: Fits standard T-Bar grid (drop ceilings)
Maximum Weight: 20 lbs
Limited Warranty: 5 Years Standard
Files Available: LM79, LM80, IES

Product Dimensions:



UL Version: A = 47.7 in [1211 mm] B = 23.9 in [606 mm] C = 3.5 in [89 mm]

Certified by:  

Please refer to the DLC QPL website for the latest and most complete information.
www.designlights.org/QPL

Ordering Information:

INTERNAL CODE	FIXTURE TYPE (NOMINAL)	VOLTAGE	OPTICAL CODE	MOUNTING LOGIX COMPATIBLE	CONTROLLER	FINISH	OPTIONS
BT	24 - 2' x 4'	0 = 120-277V (UL Version) D = 347V		A = T-Grid, Bolt Slot	V = 0-10V Dimming	WHITE = White	Blank if no options H = Chicago Plenum, CCEA EL = Emergency Light

OPTICAL CODE	DISTRIBUTION TYPE	CRI	COLOR TEMP (K)	TYPICAL LUMENS	SYSTEM WATTAGE
D2	Lambertian	80	3500	3000	27
D3	Lambertian	80	4000	3000	27
A2	Lambertian	80	3500	4500	43
A3	Lambertian	80	4000	4700	43



imagination at work

Photometric Data: Lumination™ 2' x 4' Recessed Luminaire BT 24 Series

BT-24-0-A3-A-V-WHTE-X.IES

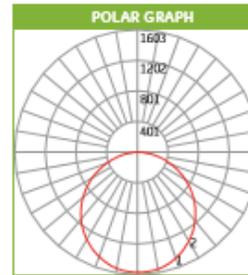
RC	COEFFICIENTS OF UTILIZATION																			
	80%				70%				50%				30%				10%			
RW	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%		
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100		
1	108	103	99	95	105	101	97	93	97	93	90	93	90	87	89	87	85	83		
2	98	90	83	77	96	88	81	76	84	79	74	81	76	72	78	74	71	68		
3	89	79	70	64	87	77	69	63	74	67	62	71	65	61	69	64	60	57		
4	82	70	61	54	79	68	60	53	66	58	53	63	57	52	61	56	51	49		
5	75	62	53	46	73	61	52	46	59	51	45	57	50	45	55	49	44	42		
6	69	56	47	40	67	55	46	40	53	45	40	51	44	39	50	44	39	37		
7	64	51	42	35	63	50	41	35	48	41	35	47	40	35	45	39	34	32		
8	60	46	38	32	58	45	37	31	44	37	31	43	36	31	42	35	31	29		
9	56	42	34	28	54	42	34	28	41	33	28	39	33	28	38	32	28	26		
10	52	39	31	26	51	38	31	26	37	30	26	37	30	25	36	30	25	23		

ZONAL LUMEN SUMMARY	
Zone	Lumens
0-10	151.95
10-20	435.77
20-30	659.15
30-40	796.49
40-50	829.00
50-60	755.39
60-70	587.78
70-80	357.82
80-90	113.04
90-100	2.36
100-110	2.07
110-120	1.93
120-130	1.67
130-140	1.55
140-150	1.46
150-160	1.27
160-170	0.83
170-180	0.23

Effective Floor Cavity Reflectance 0.20

ZONAL LUMEN SUMMARY			
Zone	Lumens	% of Lamp	% of Fixture
0-20	587.72	N.A.	12.50
0-30	1246.88	N.A.	26.50
0-40	2043.37	N.A.	43.50
0-60	3627.76	N.A.	77.20
0-80	4573.37	N.A.	97.30
0-90	4686.41	N.A.	99.70

LUMINANCE DATA (CD/SQ.M)			
Angle in Degrees	0°	45°	90°
45°	2227	2223	2222
55°	2158	2155	2155
65°	2055	2055	2058
75°	1913	1909	1910
85°	1715	1700	1722



Total Luminaire Efficiency – N.A.%

Product Specifications:

Construction:

- Durable, long lasting bezel construction. Steel, Electrogalvanized, Cold-rolled, Commercial quality coated with Electrostatic Powder Coat Paint
- IP Rating: IP20

Electrical System:

- Class 2, replaceable, high efficiency LED driver rated for 50,000 hours when used within operating conditions.
- THD: <20%
- Transient Protection: 100 kHz ring wave, 2 kV level
- Environmental Testing: High Temperature High Humidity: 60°C /90% (non-condensing)
- Input Current: 120V/43W-358mA
230V/43W-187mA
277V/43W-155mA

Optical System:

- Precision formed optical assembly comprised of high specularity reflectors, and a transmissive lens.
- High optical grade lens providing good efficiency and impact resistance
- No visible diodes

Installation:

- Drivers and internal components accessed via plenum.
- Suitable for dry locations.
- Mounting brackets part of luminaire. Mounting holes provided for hanging wire.
- Integrated galvanized PSU enclosure delivers low profile and ease of installation
- Luminaire Vibration Testing: Luminaire test to 0.5 G, 100,000 cycles per axis, 2 axis

For more information and access to all of our resources, including our design tool visit: www.gelighting.com



www.gelighting.com

GE and the GE Monogram are trademarks of the General Electric Company. All other trademarks are the property of their respective owners. Information provided is subject to change without notice. All values are design or typical values when measured under laboratory conditions. GE Lighting and GE Lighting Solutions, LLC are businesses of the General Electric Company. © 2015 GE.

IND054 (REV 08/31/15)

Anexo 4. Simulaciones del Software de Iluminación

Luminaire Schedule					
Symbol	Qty	Label	Description	Lumens	LLF
-	24	BT-24-0-A3-A-V-WHTE-X_tcm201-	BT-24-0-A3-A-V-WHTE-X	N.A.	0.850

Numeric Summary							
Label	CalcType	Units	Avg	Max	Min	Avg/Min	Max/Min
CalcPts_1	Illuminance	Lux	1234	1445	874	1.41	1.65
CalcPts_1	Illuminance	Lux	1234	1445	874	1.41	1.65
CalcPts_1	Illuminance	Lux	1234	1445	874	1.41	1.65
CalcPts_1	Illuminance	Lux	1234	1445	874	1.41	1.65

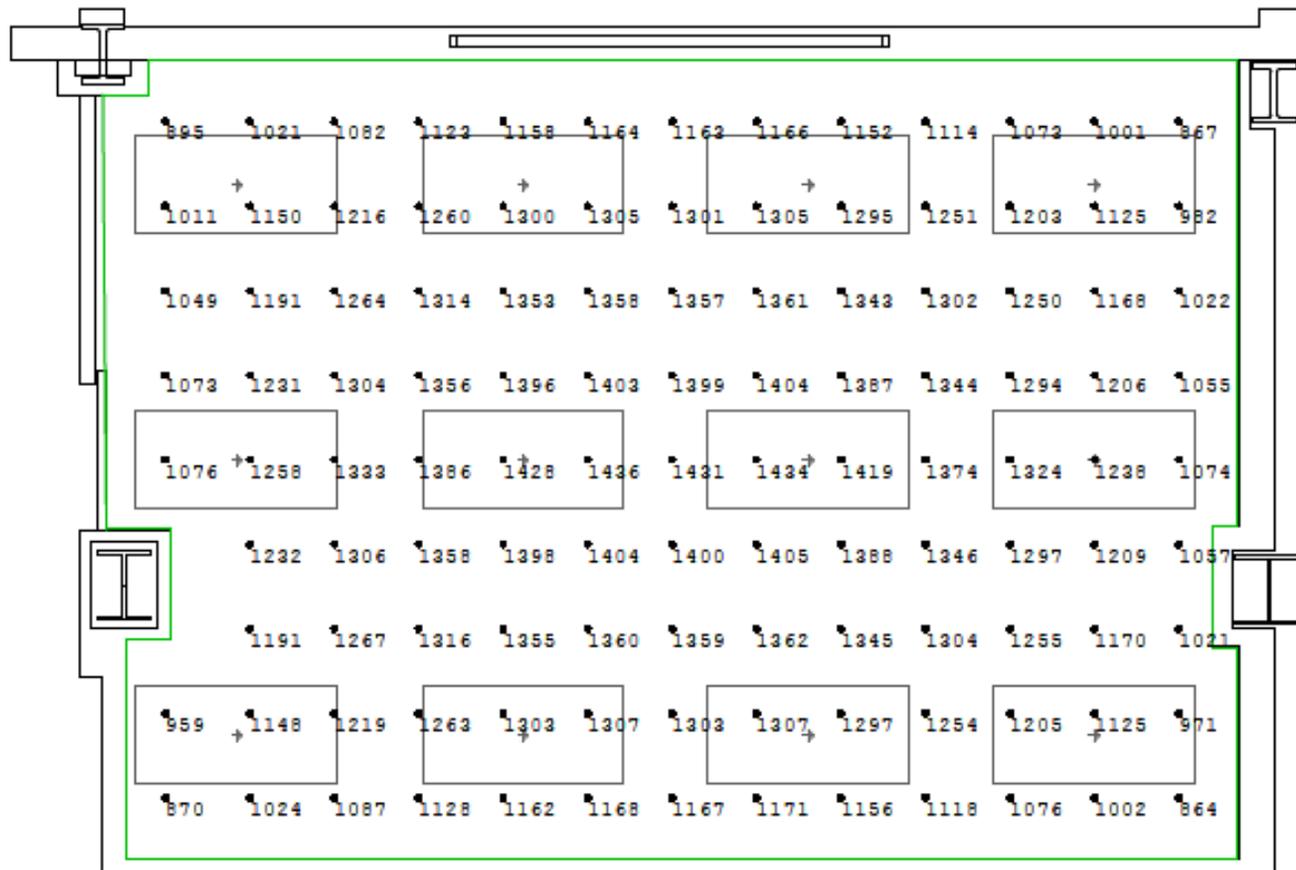
Luminaire Lumens: 1190, 893, 595, 299

Uplight: 100, 90, 80, 60, 30, 0

Back, Front

Lumination™ LED Luminaires
 2' x 4' Recessed Luminaire
 BT24 Dimmable Series

<p>Project</p> <p>Iluminación Laboratorio de Calibración</p>	<p>Boston Scientific</p> <p>Drawing: Victor Vargas</p>
---	---



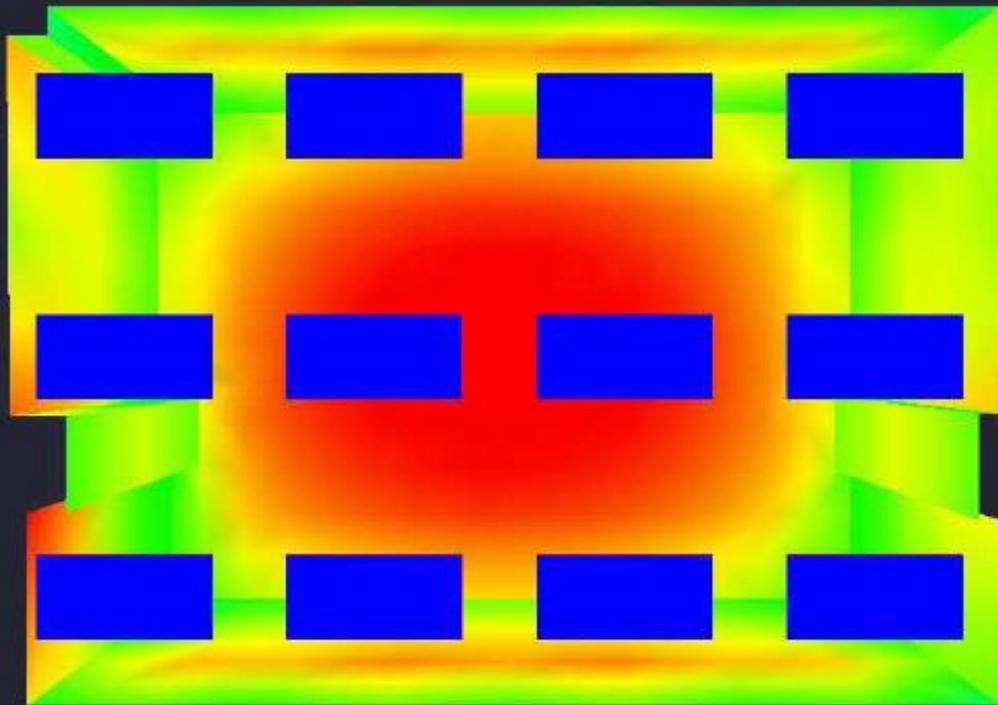
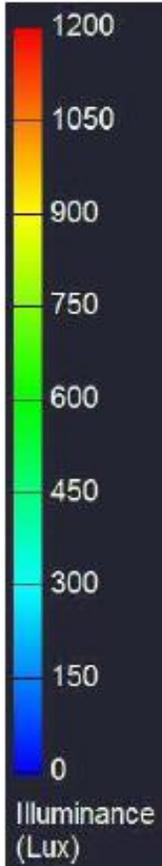
Project

Illuminación Laboratorio de Calibración

Boston Scientific

Matriz de Cálculo
Drawing: Victor Vargas





Project

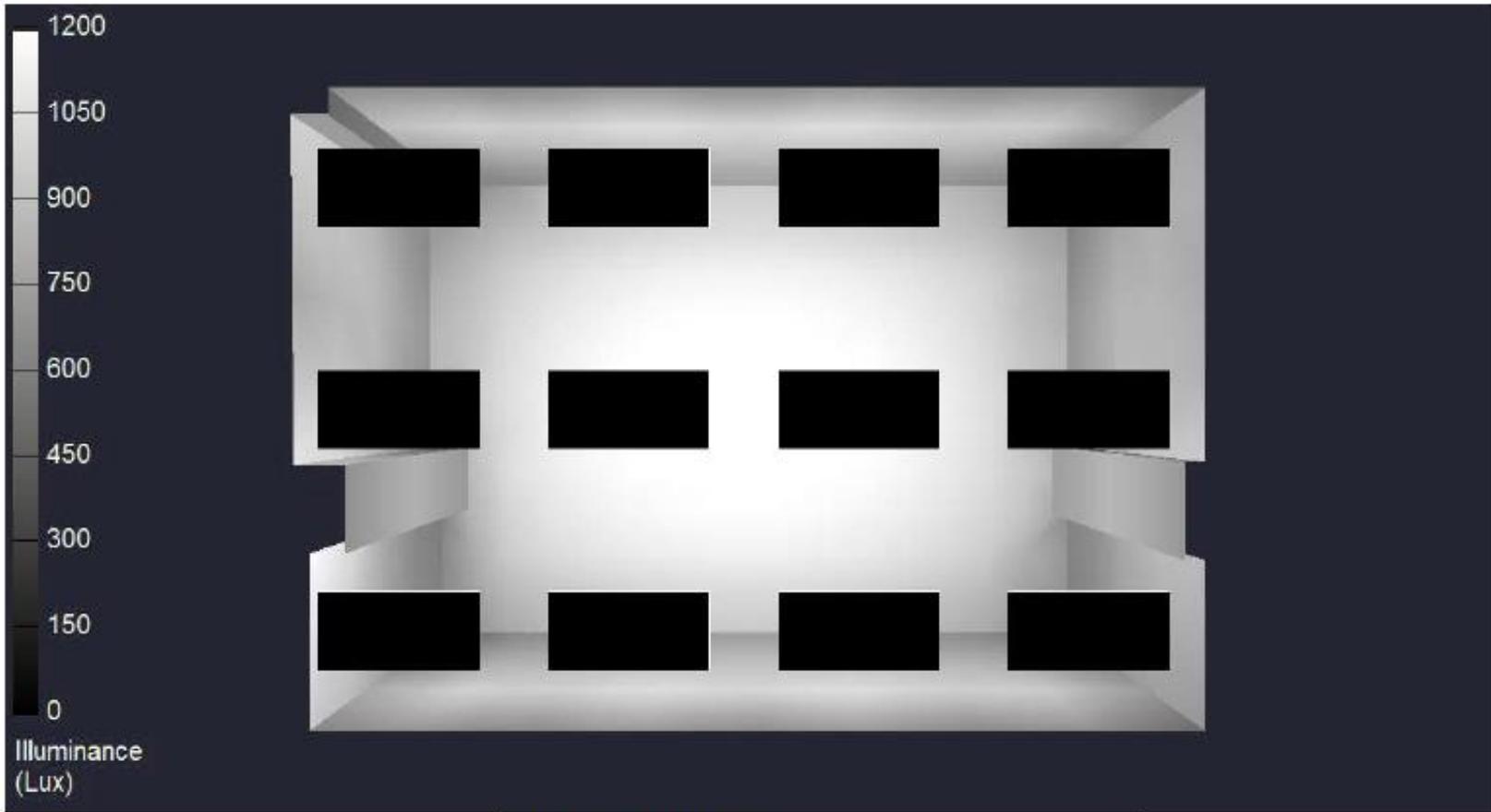
Illuminación Laboratorio de Calibración

Boston Scientific

Render Pseudocolor
Drawing: Victor Vargas



imagination at work



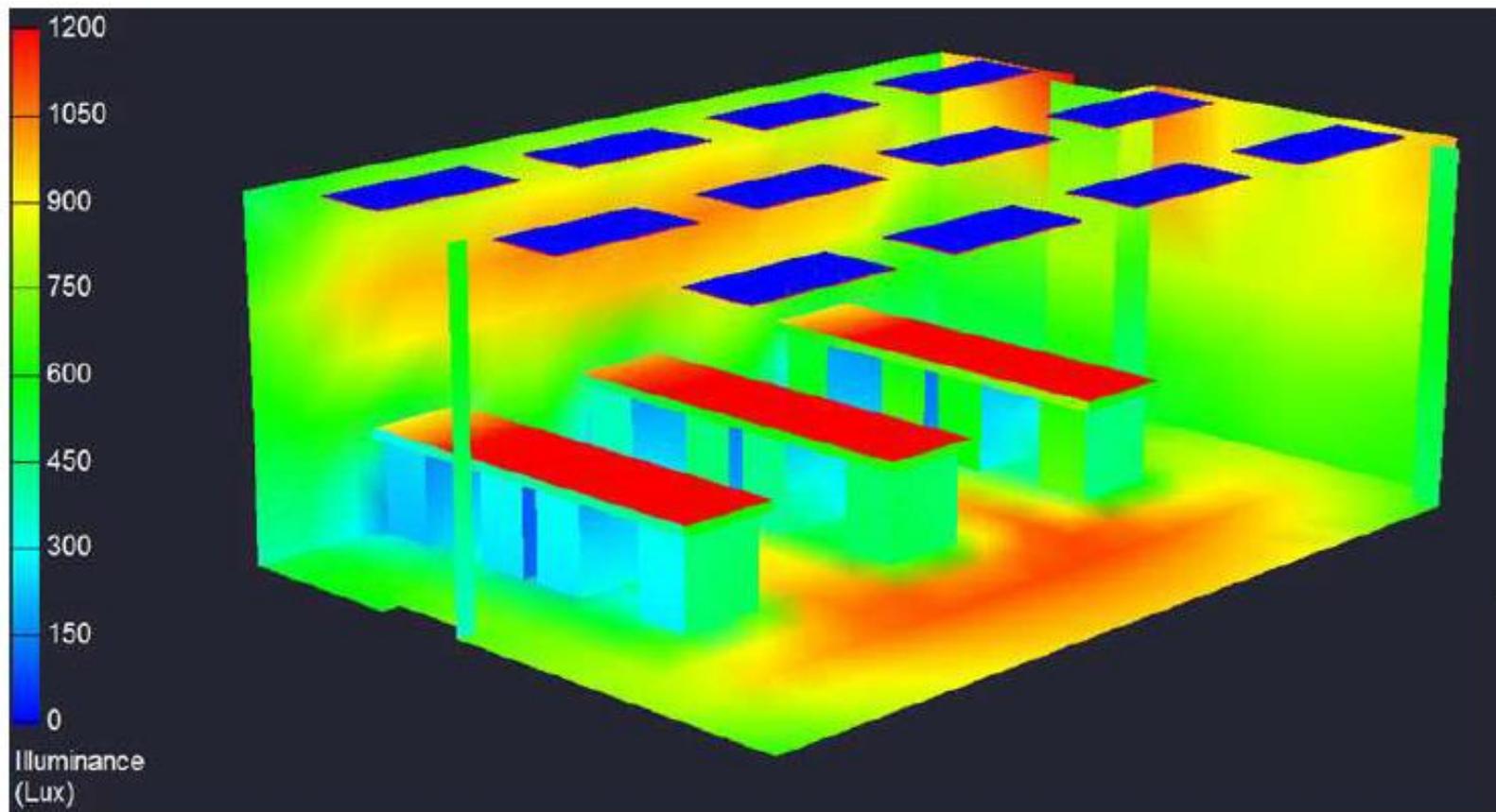
Project

Iluminación Laboratorio de Calibración

Boston Scientific

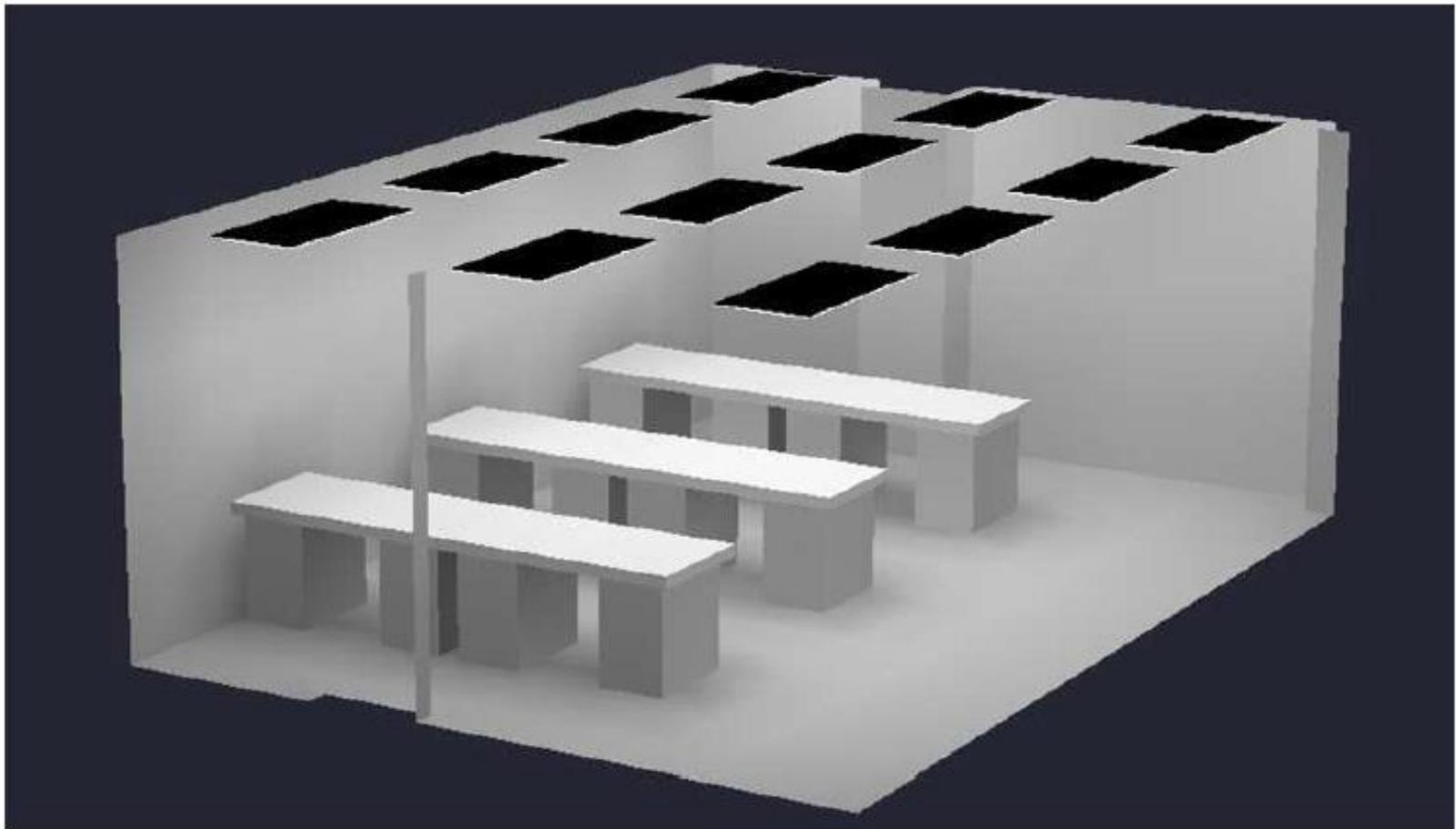
Render Escala de Grises
Drawing: Victor Vargas





<p>Project</p> <p>Iluminación Laboratorio de Calibración</p>	<p>Boston Scientific</p> <p>Iluminación Nueva Distribución Drawing: Victor Vargas</p> 
---	--





Project

Iluminación Laboratorio de Calibración

Boston Scientific

Iluminación Nueva Distribución
Drawing: Victor Vargas



Anexo 5. Mesas de laboratorio (accesorios).

Dimensiones de la mesa

- Altura: 72 in
- Largo: 60 in (contando los End Panel)
- Ancho: 30 in



- Lámpara

Light Fixture with Parabolic Diffuser

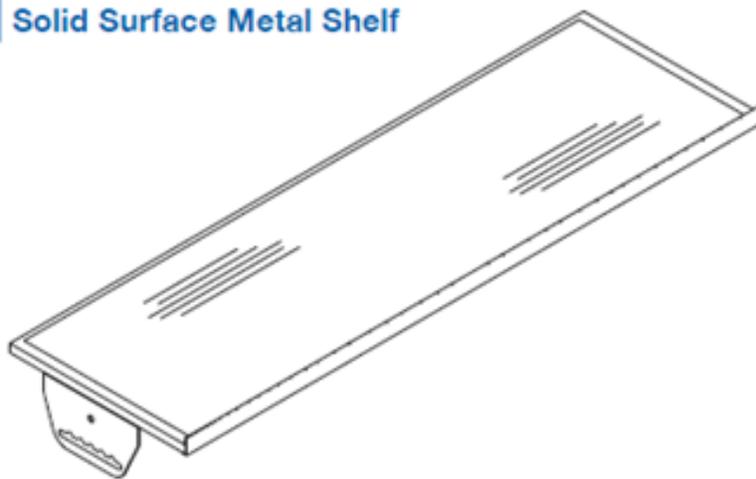


- **Descansa Pie**

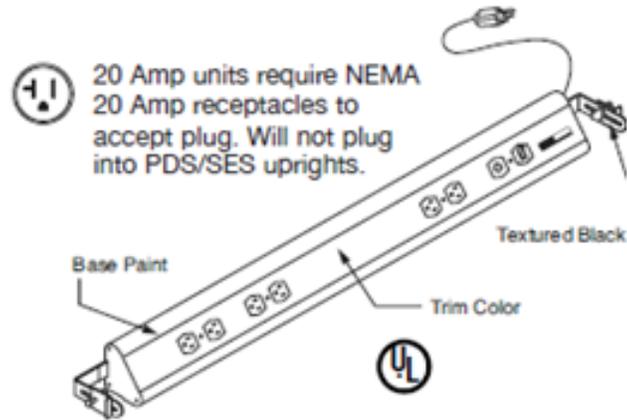


- **Solid Surface Metal Shelf**

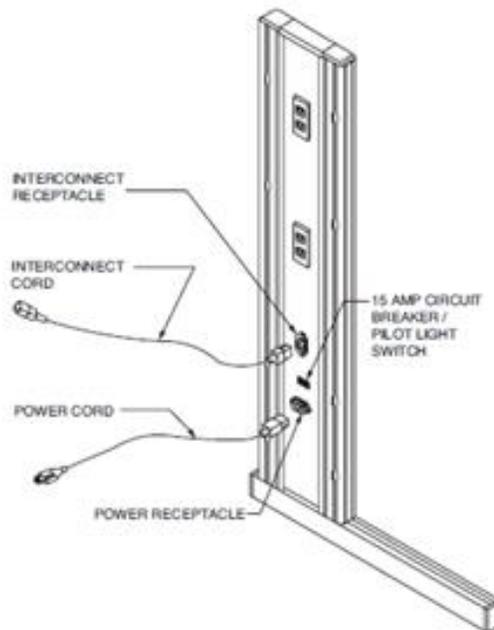
| Solid Surface Metal Shelf



- **Electrical Channel Assemblies**



- Tomacorrientes igual a como se muestra en la siguiente imagen, que se encuentren localizados en la **End Panel derecho** (viendo la mesa de frente)



Anexo 6. Cotización de mesas.



QUOTATION

Q Source Inc.
 227 Knickerbocker Avenue
 Bohemia, NY 11716
 US
 631-563-0600

Order Number	
1040988	
Order Date	Page
10/6/2016	1 of 2

Quote Expires On 11/5/2016

B I L L T O	Boston Scientific de CR CR Facility, 302 Pkwy, Global Park Aurora, Heredia, CR CR (+01)150-62509 Attn: Invoice Submission	S H I P T O	Boston Scientific de CR SRL Parque Industrial Propark, El Coyal 2546 Calle Primera Alajuela, CR CR
---	--	---	--

BUYER	CUSTOMER #	PO # / REF #	TERMS
Victor Vargas	14977		Net 30 Days
SALESPERSON	SHIP VIA	F.O.B.	
Costa Rica Reg S. Arguello / J. Toro	TBD	Origin	

Please note: Any hazardous material requiring air or ocean service will be shipped directly from the manufacturer

QTY	ITEM	DESCRIPTION	PRICE	U/M	EXT'D PRICE
Order Note: COLORS PAINT: DOVE GRAY - N LAMINATE: DOVE GRAY - 06					
3.00	2000144-P032	D4 Single Sided Starter, STD SES, 30Dx60Lx72H	1,128.500	EA	3,385.50
			Lead Time: 40 Business Days		
Ordered As: 2000144					
3.00	2001144-P032	D4 Single Sided Add-on, STD SES, 30Dx60Lx72H	843.200	EA	2,529.60
			Lead Time: 40 Business Days		
Ordered As: 2001144					
6.00	2011928-P032	D4 Shelf Assembly 14" x 60" L - No Laminate	87.600	EA	525.60
			Lead Time: 40 Business Days		
Ordered As: 2011928					
6.00	2012152-P032	D4 Ergo Footrest Tube 60" L	100.250	EA	601.50
			Lead Time: 40 Business Days		
Ordered As: 2012152					
6.00	2012158-P032	D4 Footrest Pan, 36" L	70.450	EA	422.70
			Lead Time: 40 Business Days		
Ordered As: 2012158					
6.00	2012212-P032	D4 Elect Channel Assy 60" L 15 AMP	171.550	EA	1,029.30
			Lead Time: 40 Business Days		
Ordered As: 2012212					
6.00	2014512-P032	D4 Light Assy. 60"L w/2'Cord STD. Parabolic	306.950	EA	1,841.70
			Lead Time: 40 Business Days		



Q Source Inc.
 227 Knickerbocker Avenue
 Bohemia, NY 11716
 US
 631-563-0600

QUOTATION

Order Number	
1040988	
Order Date	Page
10/6/2016	2 of 2

Quote Expires On 11/5/2016

QTY	ITEM	DESCRIPTION	PRICE	U/M	EXT'D PRICE
Ordered As: 2014512					
<hr/>					
Total Lines: 7			SUB-TOTAL:		10,335.90
			TAX:		0.00
			AMOUNT DUE:		10,335.90
<i>U.S. Dollars</i>					

Anexo 7. Cotización Maletas Pelican.



Q Source Inc.
 227 Knickerbocker Avenue
 Bohemia, NY 11716
 US
 631-563-0600

QUOTATION

Order Number	
1040604	
Order Date	Page
9/28/2016	1 of 1

Quote Expires On 10/28/2016

B I L L T O	Boston Scientific de CR CR Facility, 302 Pkwy, Global Park Aurora, Heredia, CR CR (+01)150-62509 Attn: Invoice Submission	S H I P T O	Boston Scientific de CR SRL Parque Industrial Propark, El Coyal 2546 Calle Primera Alajuela, CR CR
---	--	---	--

BUYER	CUSTOMER #	PO # / REF #	TERMS
Victor Vargas	14977		Net 30 Days
SALESPERSON	SHIP VIA	F.O.B.	
Costa Rica Reg S. Arguello / J. Toro	TBD	Origin	

Please note: Any hazardous material requiring air or ocean service will be shipped directly from the manufacturer

QTY	ITEM	DESCRIPTION	PRICE	U/M	EXT'D PRICE
3.00	1630-000-110-P063	Transport Case - 31.28" L x 24.21" W x 17.48" D - wFoam - Fold Down Handles - Wheels - Black	418.000	EA	1,254.00
			Lead Time: 10 Business Days		
2.00	015550-0000-110-P063	Air Case - 24.76" L x 15.46" W x 8.24" D - wFoam - Black	273.000	EA	546.00
			Lead Time: 10 Business Days		
Total Lines: 2			SUB-TOTAL:		1,800.00
			TAX:		0.00
			AMOUNT DUE:		1,800.00
					<i>U.S. Dollars</i>

Anexo 8. Cotización Caja Herramientas.



PROFORMA F3 - 34138

Usuario Generación: **ERSOLANO**
Fecha Generación: **07-09-2016 09:35:13**

Encabezado					Totales			
Cliente:	2010187 - BOSTON SCIENTIFIC DE COSTA RICA DE R L	Contado:	15 DIAS	Moneda:	CRC (Tipo Cambio 1.00)	Subtotal:	836,560.10	
Fecha:	05-09-2016	Vendedor:	33 - ERIC SOLANO VARGAS	Bodega:	CTTOOLS - CAPRIS TOOLS CENTER	Descuento:	0.00	
Entrega:	RETIRAN CREDITO	Estado:	PEND	Muelle:	ERP - REPARTO	Retenciones:	0.00	
Ruta Entrega:					ID Tarjeta:	Impuesto:	0.00	
Obs. Impresas:	CREDITO						Fletes:	0.00
ID Web:		ID Seguimiento:		Cotización:	-	Gran Total:	836,560.10	
Fecha Entrega:		Trámite:	-					
Autorización:		Fecha:		Monto:				

Detalle										
Lin.	Código	Descripción	Cant.	Precio Normal	% Descuento	Precio Venta	Monto	Aplica Descuento	Combo	Reservación
1	010329	HAZET 190L-3 CAJA DE HERRAMIENTAS 2 BANDEJAS+3 COMPARTIMIENTOS PLASTICA 270X550X250MM	3	68,870.00	0.00	68,870.00	206,610.00			
2	042478	FORCE 2087A JUEGO 8 DESTORNILLADORES P/JOYERO PHILLIPS Y PLANO CON ESTUCHE	5	14,420.00	0.00	8,845.10	44,225.50	FAPORTILLA		
3	022945	PROTO 4995 JUEGO 13 LLAVES ALLEN ARTICULADOS EN ESTUCHE 0.050-3/8"	5	11,870.00	0.00	11,870.00	59,350.00			
4	488849	GB GST-70M ALICATE PELACABLES 8-20AWG CON SENSOR DE VOLTAJE 7" AISLADO	3	17,420.00	0.00	17,420.00	52,260.00			
5	042481	FORCE 2125 JUEGO 11 DESTORNILLADORES Y 1 PROBADOR CORRIENTE PARA ELECTRICISTA	1	34,310.00	0.00	29,506.60	29,506.60	FAPORTILLA		
6	046301	FORCE 2208 JUEGO 20 PIEZAS ALICATES, DESTORNILLADORES, LLAVE FRANCESA CON BANDEJA	3	81,180.00	0.00	81,180.00	243,540.00			

Detalle										
Lin.	Código	Descripción	Cant.	Precio Normal	% Descuento	Precio Venta	Monto	Aplica Descuento	Combo	Reservación
7	040302	FORCE 649150 LLAVE FRANCESA NEGRA CAP.20MM 150MM	3	5,900.00	0.00	5,900.00	17,700.00			
8	040313	FORCE 649100A LLAVE FRANCESA CROMADA MANGO PLASTICO ESPUMOSO 4"	3	7,490.00	0.00	7,490.00	22,470.00			
9	044007	FORCE 50814 JUEGO 8 ALICATES MINI DE 5" Y 6" C/ESTUCHE .	3	46,380.00	0.00	46,380.00	139,140.00			
10	044621	FORCE 5093LB JUEGO 9 LLAVE ALLEN LARGAS C/BOLA 1.5-10MM	5	5,060.00	0.00	4,351.60	21,758.00	ERSOLANO		

Anexo 9. Cotización patrones.



Q Source Inc.
 227 Knickerbocker Avenue
 Bohemia, NY 11716
 US
 631-563-0600

QUOTATION

Order Number	
1034434	
Order Date	Page
6/3/2016	1 of 1

Quote Expires On 7/3/2016

B I L L T O	Boston Scientific de CR CR Facility, 302 Pkwy, Global Park Aurora, Heredia, CR CR (+01)150-62509 Attn: Invoice Submission	S H I P T O	Boston Scientific de CR SRL Parque Industrial Propark, El Coyal 2546 Calle Primera Alajuela, CR CR
--	--	--	--

BUYER	CUSTOMER #	PO # / REF #	TERMS
Erik Bolanos	14977		Net 30 Days
SALESPERSON	SHIP VIA	F.O.B.	
Costa Rica Reg. S. Arguello / J. Toro	TBD	Origin	

Please note: Any hazardous material requiring air or ocean service will be shipped directly from the manufacturer

QTY	ITEM	DESCRIPTION	PRICE	U/M	EXTD PRICE
1.00	RS-201-I070	Precision Resistance Substitution Box	420.000	EA	420.00
			Lead Time: 10 Business Days		
			Ordered As: RS-201		
			Order Line Notes: $\pm(0.1\%+25 \text{ m}\Omega)^*$ Accuracy - 1 Ω Resolution - 0 - 9,999,999 Ω Range		
			Includes NIST Traceable Calibration Certificate		
1.00	07010-C001	Calibration Unit, NIST STD WS & FG	185.550	EA	185.55
			Lead Time: 10 Business Days		
			Ordered As: 07010		
Total Lines: 2			SUB-TOTAL:		605.55
			TAX:		0.00
			AMOUNT DUE:		605.55
			<i>U.S. Dollars</i>		



Page 1/2
Quote 6649
Date 8/23/2016

Clinton Instrument Company
295 E Main St Clinton, CT 06413 USA
Tel: (860) 669-7548 Fax: (860) 669-3825
www.clintoninstrument.com

The prices and terms on this quotation are not subject to verbal changes or other agreements unless approved in writing by Clinton Instrument Company. All quotations are contingent upon strikes, fires, availability of materials and other causes beyond our control. Prices are based on costs and conditions existing on the date of quotation and are subject to change by Clinton Instrument Company before final acceptance. Typographical errors are subject to correction. Purchaser assumes liability for patent and copyright infringements when goods are made to Purchaser's specifications. Conditions not specifically stated herein shall be governed by established trade customs. Terms inconsistent with those stated herein which may appear on Purchaser's formal order will not be binding on the Seller. Warranty information available on request.

Bill To: Boston Scientific De Costa Rica
Parque Industrial Propark, El C
2546 Calle Primera
Alajuela
Costa Rica

Ship To: Boston Scientific De Costa Rica
Coyol Facility
Parque Industrial Propark, El C 2546 Calle Primera
Alajuela
Costa Rica

Initiated by Jose Hernandez email JoseLuis.GonzalezHernandez@bs
Tel 506.2436.8971 fax

Quote expires 10/7/2016

Cust#	SlsID	Lead Time	Shipping Method	Shipping Terms	Payment Terms	
1859	RHE	3-4 weeks ARO	DHL-Collect	Ex works Clinton, CT	Net 30	
Customs Clearance by		Importer No.	Freight Account No.	GST/PST No.	Weight & dimensions	
			955220027		see below	
Qty	Item Number	Description	UOM	Discount	Unit Price	Ext. Price
1	STCAL*	STCAL Calibration System Complete Includes the following:	ea		\$ 9,188.50	\$ 9,188.50
1	HFVM	High Frequency Volt Meter	ea			
1	LFVM	Low Frequency Volt Meter	ea			
1	92039I	Tablet Configured ST-Cal system	ea			
1	92054	Case Carrying for Tablet/Cables ST-CAL	ea			
1	92014	Kit Accessory ST-CAL	ea			
1	STCAL INST MAN	Manual Instruction STCAL	ea			
2	CALIBRATION CERTIFICATE	Certificate of Calibration	ea			
1	STCAL-HF*	STCAL High Frequency Calibration System Includes the following:	ea		\$ 7,406.00	\$ 7,406.00
1	HFVM	High Frequency Volt Meter	ea			
1	92039I	Tablet Configured ST-Cal system	ea			
1	92054	Case Carrying for Tablet/Cables ST-CAL	ea			
1	92014	Kit Accessory ST-CAL	ea			
1	STCAL INST MAN	Manual Instruction STCAL	ea			
1	CALIBRATION CERTIFICATE	Certificate of Calibration	ea			
1	STCAL-LF*	STCAL Low Frequency Calibration System Includes the following:	ea		\$ 7,406.00	\$ 7,406.00
1	LFVM	Low Frequency Volt Meter	ea			
1	92039I	Tablet Configured ST-Cal system	ea			
1	92054	Case Carrying for Tablet/Cables ST-CAL	ea			



Cust#	SlsID	Lead Time	Shipping Method	Shipping Terms	Payment Terms	
1859	RHE	3-4 weeks ARO	DHL-Collect	Ex works Clinton, CT	Net 30	
Customs Clearance by		Importer No.	Freight Account No.	GST/PST No.	Weight & dimensions	
			955220027		see below	
Qty	Item Number	Description	UOM	Discount	Unit Price	Ext. Price
1	92014	Kit Accessory ST-CAL	ea			
1	STCAL INST MAN	Manual Instruction STCAL	ea			
1	CALIBRATION CERTIFICATE	Certificate of Calibration	ea			
4	20029	Brush 2"L .004 SS Bristle 2"OA	ea		\$ 35.65	\$ 142.60

STCAL: 25 Lbs 24x14x14"
STCAL-HF* or LF* :21 Lbs 21x18x15"

Bank Information:
Webster Bank, 7 Halls Rd, Old Lyme, CT 06371 USA
Bank Routing No. 211170101 BIC WENAU531 Account No. 10 0010576254

Subtotal	\$ 24,143.10
Crate Charge	\$ 0.00
Tax	\$ 0.00
Freight	\$ 0.00
Trade Discount	\$ 0.00
Total in US Dollars	\$ 24,143.10



electro-tech systems, inc.

www.electrotechsystems.com

3101 Mt. Carmel Avenue, Glenside, PA 19038 • Tel: (215) 887-2198 • Fax: (215) 887-0131

October 21, 2015

Andrea Esquivel
Boston Scientific
Alajuela, Costa Rica

Dear Andrea:

Electro-Tech Systems, Inc. (ETS) is pleased to submit the following quotation. All shipments are by air. Shipping charges, import duties, taxes and any other applicable fees are additional and the responsibility of the end user. All prices are in US Dollars. Literature Sheets and User Manuals are available on our Web Site at www.electrotechsystems.com. **Note:** ETS Payment Terms are prepayment by wire transfer in US funds.

5506 Package C 115 VAC (5506-1-22-100-1141)	11,995.00
Full Range Humidity and Temperature Control for Precision & Stability	
Humidity Range 10-95+% RH at 23°C	
Temperature Range 61-122°F (16-50°C)	
Model 5506-22 Chamber 36"W x 24"D x 18"H (9 cu. ft.)	
1/4" & 3/8" Clear and White Acrylic Construction	
1.5" Dia. Cable Pass-Through, Hose Barb & Compression Fitting Ports	
1/2" Door with 12" x 12" Access Opening, Gasket Seal and 3/4-Turn Latch	
8" Ports with Accordion Style Sleeve and Replaceable Gloves	
Microprocessor PID Humidity and Temperature Controller	
°F/°C Temperature Display	
Temperature Compensated Humidity Sensor	
Desiccant/Pump Dehumidification System	
Humidification System	
Heater Assembly with GFIC AC Outlet (North American Style)	
with Thermal Protection Switch and 110 CFM Circulating Fan	
Thermoelectric Cooling System 510btu	
Extra Set of Replacement Hands	
5-lb. Jar of Renewable Desiccant	
3-Stackable Sample Racks	
P/N: 0122-00003 25-lb. Container of Renewable Desiccant (Recommended)	645.00

Anexo 10. Cotización remodelación infraestructura.

OFERTA PARA LA REMODELACION DE OFICINA Y CAMBIO DE LUMINARIAS

VICTOR FABIAN VARGAS ZAPATA

PRESENTA:



CARLOS ARCE BOLAÑOS
INGENIERO CIVIL
IC 8081

TEL 8834-2010
EMAIL: carcebol@gmail.com

Señores

Víctor Fabián Vargas Zapata

Presente:

Estimado señor:

La presente es para saludarle y a la vez presentarle formal oferta por la remodelación y cambio de luminarias, en las oficinas de su representada ubicadas Zona Franca Coyol de Alajuela.

La oferta está basada en la visita al sitio realizada el día 19 de octubre de 2016 y los documentos y diseños por ustedes suministrados y recibidos por correo electrónico el mismo día indicado anteriormente.

Según los datos valorados de la visita y en los documentos suministrados, el trabajo resume las siguientes condiciones a cumplir:

Consideraciones generales y resumen de trabajos a realizar

- 1 Puerta Corrediza con Tarjeta
- 2 Reacomodo de Salida de Aire Acondicionado
- 3 Cambio de Cielo Raso
- 4 Reubicación de Salida de Aire Acondicionado
- 5 Reubicación de Salida Eléctrica de Cielo Raso
- 6 Instalación de 12 Lámparas Led, entubado y cableado
- 7 Cubierta de equipo y muebles con Burbuja
- 8 Instalación de 2 Salidas de Red
- 9 Entubado y Cableado de 6 Tomas Corriente Canaleta Metálico 6" con accesorios.
- 10 El cielo raso que no suelte partículas
- 11 Pintura General
- 12 Reubicación de Mobiliario
- 13 Trabajo debe realizarse fines de semana.

Tomando en cuenta los diseños y especificaciones por ustedes suministradas, y de acuerdo a las características del proyecto, tenemos para la remodelación de los espacios objeto de esta oferta un precio total de **€ 4.250.000,00** (Cuatro Millones Doscientos Cincuenta mil Colones Exactos), monto que corresponde a la totalidad del trabajo bajo la modalidad "Llave en Mano" lo que incluye:

1. Materiales
2. Mano de Obra
3. Cargas Sociales
4. Transportes
5. Equipo y Herramienta

Tiempo de Ejecución de la Obra: Se estima un tiempo de ejecución del trabajo de 3 Fines de Semana.

Forma de Pago:

Adelanto contra la firma del contrato 60%, 40% con la entrega de los trabajos a entera satisfacción del contratante.

Esperando ser útiles y poder emprender negocios juntos, se despide:



Carlos Eduardo Arce Bolaños
Ingeniero Civil
Telefono: 8834-2010
