

**MÁSTER EN GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS  
LABORALES, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE**



***“Evaluación de Riesgos de una Planta Piloto  
para producción de Biogás”***

***Autor:***

***Edwin Vargas Agudelo***

***Septiembre de 2020***

Tutor de empresa: Dr. Jesús María Martín Marroquín

Tutor académico: Profesor Gregorio Antolín Giraldo

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. TUTORES</b> .....	2
<b>2. OBJETIVOS DE LAS PRÁCTICAS</b> .....	3
<b>3. MEDIOS EMPLEADOS</b> .....	4
<b>3.1. MATERIALES:</b> .....	4
<b>3.2. TALENTO HUMANO:</b> .....	4
<b>4. COLABORACIÓN CON EL TÉCNICO SUPERIOR EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE IDECAL S.L.</b> .....	5
<b>VISITA A LABORATORIOS:</b> .....	6
• <i>Laboratorio de Biocombustibles Sólidos:</i> .....	6
• <i>Laboratorio de Análisis y Ensayos de Materiales de CARTIF:</i> .....	7
<i>Plantas piloto:</i> .....	7
<i>Servicio de robótica:</i> .....	8
<i>Vísitas guiadas:</i> .....	9
<b>5. EVALUACIÓN DE RIESGOS</b> .....	15
• <b>NORMATIVA</b> .....	15
• <b>METODOLOGÍA</b> .....	16
<b>6. EVALUACIÓN DE RIESGOS DE PLANTA PILOTO PARA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS</b> .....	21
<b>6.1. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS</b> .....	21
<b>6.2. OBJETIVO DE LA PLANTA PILOTO</b> .....	21
<b>6.3. BIOGÁS Y SUS APLICACIONES</b> .....	21
<b>6.4. COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS</b> .....	22
<b>6.5. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA PILOTO</b> .....	22
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b> .....	24
<b>INSUMOS EMPLEADOS PARA LA DIGESTIÓN ANAEROBIA</b> .....	25
<b>7. EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS</b> .....	29
<b>8. EQUIPOS EMPLEADOS EN LA PLANTA PILOTO Y SU DOCUMENTACIÓN</b> .....	31
<b>9. BALANCE ECONÓMICO DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS</b> .....	32
<b>10. CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	33
<b>11. CONCLUSIONES DE LAS PRÁCTICAS</b> .....	35
<b>12. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b> .....	36

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad evaluar los riesgos presente en una planta piloto de digestión anaerobia para producción de biogás en las instalaciones de la empresa IDECAL S.L, que en la actualidad está ubicada en las instalaciones del edificio de CARTIF III, la cual realiza operaciones en el Parque Tecnológico de Boecillo. Las prácticas fueron realizadas desde el 15 de julio de 2020 al 15 de agosto de 2020, con lo que se cumple con las exigencias universitarias de formación que estipulan un tiempo en prácticas obligatorio de 150 horas en empresa, con un horario de 8:00 a 15:00 h, de lunes a viernes.

La ley 31 de 1995 de prevención de riesgos laborales supone una mejora en los procesos que se llevan a cabo en las empresas; donde, se determinen los riesgos a los que están expuestos los trabajadores; desde su aprobación se obliga a las empresas a eliminar, reducir, adaptar, formar e informar a sus trabajadores de los riesgos asociados a la tarea que se desarrolla y en todo caso a eliminar y/o controlar los riesgos que puedan ser perjudiciales para la salud de los empleados.

### 1.1. TUTORES

Durante el periodo de prácticas realizado en IDECAL S.L., se ha estado bajo la supervisión del Responsable de Prevención de Riesgos Laborales, Dr. Jesús María Martín Marroquín, que ha servido de guía a lo largo de toda la duración de las prácticas, tanto a nivel teórico como práctico; el cual ha sido un referente en cuanto a seguridad industrial y medidas preventivas gracias a su gran experiencia en el sector.

Por parte de la Universidad de Valladolid, el tutor académico fue D. Gregorio Antolín, Profesor Titular de Universidad del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, de la Escuela de Ingenierías Industriales (EII) de la Universidad de Valladolid y Coordinador del Master en Gestión de la PRL, C y MA.

## 2. OBJETIVOS DE LAS PRÁCTICAS

- Evaluar los riesgos presentes en una planta de producción de Biogás a partir de la degradación anaerobia de subproductos de origen porcino.
- Proponer medidas preventivas y planes de manejo a los riesgos detectados.
- Conocer el funcionamiento de una empresa a nivel general en el ámbito de la prevención de riesgos laborales.
- Colaborar con el responsable de prevención de riesgos laborales de IDECAL, en los procesos inherentes a la prevención de riesgos laborales.
- Revisión de las máquinas y equipos utilizados en las instalaciones de trabajo y su documentación correspondiente.
- Revisión y aplicación de los conocimientos en materia de Prevención de Riesgos Laborales adquiridos durante el presente Máster.
- Vivenciar los sistemas de protección colectiva e individual implantados en IDECAL S.L.
- Conocer a fondo la Normativa de Riesgos Laborales y obligaciones empresariales en materia de protección a los trabajadores.

### **3. MEDIOS EMPLEADOS**

#### **3.1. MATERIALES:**

El Centro Tecnológico CARTIF e IDECAL S.L. pusieron a disposición el material tecnológico y humano presente para culminar todas las actividades realizadas, disponiendo de:

- Ordenador para uso personal.
- Fotocopiadora.
- Programas de software informático presentes, así como el talento humano que a diario presta los servicios de seguridad informática, mantenimiento, entre otros.
- De la misma manera el material bibliográfico inherente a la Prevención de Riesgos Laborales y organización de la empresa siempre estuvo a disposición del que se resaltan:
  - ✓ Evaluaciones de Riesgo de los puestos de trabajo.
  - ✓ Planificación de la actividad preventiva.
  - ✓ Planes de Evacuación de la empresa y general del Parque Tecnológico.

#### **3.2. TALENTO HUMANO:**

Desde el inicio de las practicas siempre se contó con el acompañamiento del Dr. Jesús María Martín Marroquín, Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales y Responsable de la Seguridad y Salud de la Fundación CARTIF y de la empresa IDECAL S.L., quien gracias a su amplia experiencia en el sector de la prevención fue de vital importancia para la realización de todas las actividades planteadas en este trabajo de fin de master.

De la misma manera se contó con la asesoría en cada uno de los procesos, con los encargados de Área, por lo que se pudo evidenciar la prevención desde distintos panoramas recogiendo el sector mecánico, químico, biológico e industrial.

#### **4. COLABORACIÓN CON EL TÉCNICO SUPERIOR EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE IDECAL S.L.**

IDECAL S.L.; fue creada en el año 2000 como una startup tecnológica que presta soluciones innovadoras para afrontar los retos tecnológicos que surgen cada día; siendo una empresa dedicada a la innovación y desarrollo de conocimientos gracias a su constante formación, en su trayectoria de 20 años se ha consolidado como un referente en investigación y desarrollo de ideas de innovación, por lo que en la actualidad comparte sede y conocimiento con la Fundación CARTIF (Fotografía 1); que disponen de unas instalaciones de 12.000 m<sup>2</sup>, distribuidos en tres edificios, en los que trabajan 150 investigadores para una cartera de clientes compuesta por más de un centenar de empresas e instituciones.

El objetivo principal de IDECAL S.L., consiste en contribuir al desarrollo económico y social a través del uso y fomento de la innovación tecnológica, con un amplio campo de acción que abarca la industria química, biológica, mecánica, robótica e industrial, entre otros.



**Fotografía 1:** Vista externa de instalaciones de Cartif.

El Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales de IDECAL cuenta con Cualtis, S.L.U. como servicio de prevención ajeno. Por parte de la empresa, cuenta con un trabajador responsable de la Prevención. A pesar de tener 150 trabajadores en plantilla, siendo por lo tanto obligatorio el establecimiento de un Comité de Seguridad y Salud, en la actualidad no está implementado debido a que en las convocatorias realizadas ninguno de los empleados se presenta, por lo que esta figura de no Comité está establecida.

Con el propósito de aplicar los conocimientos adquiridos en el aula y vivenciar el funcionamiento del servicio de prevención, se iniciaron las prácticas en IDECAL, en este caso con la ayuda del técnico de prevención se realizaron las siguientes actividades:

- **Revisión de la Normativa existente en relación a los Riesgos Laborales:**  
Desde el inicio de las prácticas se realizó la revisión de las Leyes y Reales Decretos que se mencionan en el documento en el apartado de *Normativa*, haciendo especial énfasis en lo referente a la seguridad en máquinas y los lugares de trabajo.
- Se realizaron visitas por las instalaciones de la Fundación CARTIF e IDECAL, con el fin de conocer los procesos que allí se realizan resaltando los siguientes:

#### **VISITA A LABORATORIOS:**

- **Laboratorio de Biocombustibles Sólidos:**

El Laboratorio de Análisis y Ensayos de Biocombustibles Sólidos apoya las actividades de I+D desarrolladas sobre el uso energético de la biomasa y ofrece un servicio de análisis y ensayos a todos los actores involucrados en la cadena de valor de la biomasa. Entre sus clientes, el Laboratorio cuenta con empresas productoras y distribuidoras de productos biomásicos, entidades públicas y otros Centros de investigación, en un ámbito local, regional, nacional e internacional.

En el año 2015 el Laboratorio de Análisis y Ensayos de CARTIF fue el primer laboratorio español en alcanzar la acreditación ENAC (nº expediente 335/LE1276) para el ensayo de biocombustibles sólidos. Además, actualmente es el único laboratorio acreditado en España bajo el alcance completo del sistema de certificación ENplus® para pellets de

madera para usos no industriales (UNE-EN ISO 17225-2), reconocido por la European Pellet Council (EPC) como entidad de ensayo acreditado en los procesos de certificación.

El Laboratorio de Análisis y Ensayos (LAE) de CARTIF ofrece a sus clientes un servicio rápido, eficaz y adaptado a sus necesidades en el análisis de biocombustibles sólidos orientado a la evaluación, seguimiento y control de calidad, siguiendo procedimientos normalizados según la Norma UNE-EN ISO 17225 para Biocombustibles Sólidos.

- **Laboratorio de Análisis y Ensayos de Materiales de CARTIF:**

Ofrece a sus clientes un servicio de ensayos rápido, eficaz y adaptado a sus necesidades, garantizando la calidad en sus ensayos conforme a los criterios y requisitos de las acreditaciones ENAC (nº expediente 335/LE1276), AIRBUS y NADCAP.

El LAE de Materiales ofrece un servicio rápido y efectivo, adaptado a las necesidades del cliente, garantizando la calidad conforme a diferentes programas y sistemas (AITM, ISO). Además, acumula una dilatada experiencia en el análisis y caracterización de un amplio espectro de materiales compuestos no metálicos, adhesivos, fibra de vidrio, fibra de carbono, pelables, pinturas, sellantes, barnices, resinas, polímeros y plásticos, en sectores tan diversos y estratégicos como el aeronáutico, automoción, construcción y textil, entre otros.

El LAE de Materiales de CARTIF ha obtenido recientemente la calificación MERIT por parte del fabricante aeronáutico AIRBUS, reconociéndose así la excelencia, la competencia técnica y el alto rendimiento ofrecido por el Laboratorio de Análisis y Ensayos de CARTIF para la caracterización de materiales aeronáuticos. Además, el Laboratorio ha obtenido este reconocimiento por parte de NADCAP, con la misma calificación.

**Plantas piloto:**

CARTIF e IDECAL, por ser referentes en investigación, cuentan, además, con 16 plantas de ensayos de producción, análisis, valoración, transformación y recuperación de productos y subproductos generados, los cuales se realizan por financiación de clientes

externos que según sus necesidades quieren mejorar su producción o aprovechar los subproductos generados de su actividad, para lo cual se resaltan las siguientes:

- Planta piloto de digestión anaerobia.
- Planta piloto de cristalización.
- Planta piloto de upgrading de biogás.
- Test de biodegradabilidad.
- Planta de separación de fases por membranas.
- Planta de ultrafiltración.
- Planta de micro filtración.
- Planta de secado en spray.
- Planta de glicolisis.
- Planta de peletizado, entre otras.

### **Servicio de robótica:**

En esta Área se desarrollan Robots con fines terapéuticos, en este caso se pudo conocer el desarrollo del robot Physyobot orientado a personas que han sufrido un accidente cerebro-vascular, el cual cuenta con:

- Amplia variedad de juegos y actividades adaptadas a las necesidades del paciente.
- Uso de técnicas de realidad virtual.
- Posibilidad de adaptación a necesidades nuevas.
- Posibilidad de adaptación a otras patologías.
- Experiencia en sistemas de información en entorno clínico.

Se conocieron las medidas de protección intrínsecas que deben tener este tipo de

maquinas y los requerimientos para la puesta en marcha.

### **Visitas guiadas:**

A nivel general se realizaron visitas por diferentes instalaciones de IDECAL:

- Centro de transformación de Alta Tensión: En esta instalación se pueden encontrar los siguientes elementos de protección colectiva para Alta Tensión: guantes, banqueta, pértiga, etc. La instalación se encuentra cerrada con llave para restringir el acceso a personal no permitido.
- Sala de cuadros de Baja Tensión: En esta sala se localiza el Sistema de Alimentación Ininterrumpida, que sirve de protección en caso de que la fuente de energía principal de las instalaciones sufra algún tipo de avería.
- Sala del grupo electrógeno: Se activa en casos de un mal funcionamiento de la fuente principal de energía eléctrica. Está conectado a un depósito de gasoil de 1000 litros de capacidad, de doble pared y se activa a los 10 segundos tras el corte de la alimentación primaria.
- Sala de bombas de suelo radiante: En esta instalación se cuenta con la presencia de sensores de presión, temperatura y diferentes caudalímetros, entre otros.
- Sala de equipos de climatización: Con equipos de enfriamiento y distribución del aire interior de las dependencias del edificio.
- Sala de bombas contra incendios: Cuenta con la presencia de una bomba jockey. Consiste en una bomba auxiliar de pequeño caudal diseñada para mantener la presión en la red contraincendios y evitar la puesta en marcha de las bombas principales en caso de pequeñas demandas generadas en la red.
- Nave de equipos a presión y nave de atmósferas explosivas: Ambas se encuentran equipadas con techo débil. Por otro lado, la nave de atmósferas explosivas cuenta con instalación eléctrica adaptada (luminarias, conducciones de cables, etc.).
- Nave de CARTIF I: En esta nave se puede destacar la presencia de un Puente

grúa, carretilla, robots de visión artificial, taller mecánico con diferentes herramientas de trabajo como taladro de columna, sierra de metal y madera, plegadora y cortadora de metal, equipo de soldadura eléctrica, radial, etc.

- Nave de CARTIF II: En esta nave se puede destacar la presencia de los equipos y máquinas correspondientes a proceso de peletizado, triturado de neumáticos, extrusora de alimentos, secadora por aire, inyectora de plásticos, calderas de biomasa, etc.
- Nave de CARTIF III: En la nave se encontraban, entre otras, los equipos y máquinas de la planta piloto de producción de polisacáridos, gasificadores, pirolizador de biomasa y plásticos.
- Instalaciones para realizar ensayos a alta presión y en atmósferas explosivas.
- Laboratorio de ensayos destructivos: Donde poder realizar ensayos e tracción, compresión y torsión de diferentes piezas; ensayos de rayado, ensayos de curado de piezas, etc.
- Laboratorio de Análisis y Ensayos: Se trata de un laboratorio certificado por ENAC, en el que se analiza biomasa residual para su uso como combustible, mediante procedimientos normalizados según la Norma UNE-EN 14961. Además, se realizan ensayos físico-químicos sobre aguas residuales y está acreditado para el estudio de emisiones atmosféricas. El laboratorio está equipado con campanas de extracción de gases, donde poder trabajar con productos químicos que desprendan vapores tóxicos así como con duchas y lavaojos de seguridad que puedan ser empleados en caso de proyecciones o salpicaduras de productos corrosivos o irritantes sobre los trabajadores. También está equipado con sistemas de extracción localizada sobre cromatógrafos donde se generan emisiones contaminantes.
- Laboratorio de Visión Artificial: Este laboratorio está equipado con ducha lavaojos de seguridad que puede ser empleada en caso de salpicaduras de los productos corrosivos utilizados en el revelado de placas electrónicas usadas en la construcción de robots. Además, en este laboratorio, se revisan diferentes

sistemas de seguridad que presentan los robots, como sensores de ultrasonidos e infrarrojos, que impiden que estos robots puedan chocar contra objetos o personas que se encuentren en sus proximidades.

- Laboratorios de Medio Ambiente y Agroalimentación: Equipados con los medios necesarios para los trabajos en Proyectos de I+D+i que se desarrollan en esas Áreas en el Centro Tecnológico.
- Ascensores: Se revisaron los sistemas de seguridad en labores de mantenimiento, como el mando de control, barandillas, sistemas de accionamiento, cableado, sistema de frenado y amortiguación en caso de caída, etc.
- Sótanos y garaje: Con medidas de seguridad contra incendios, detectores termovelocimétricos y de CO. Estos últimos activan el sistema de extracción de aire del garaje en caso de que la concentración de CO emitida por los coches supere un determinado límite.
- Caseta de almacenamiento de botellas de gases: Se comprobó el cumplimiento de la ITC MIE-APQ-5, sobre “Almacenamiento y utilización de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión”, existiendo una zona de almacenamiento y una de utilización. En ambos casos, las botellas inflamables se encuentran separadas del resto por un muro de resistencia al fuego de 60 minutos.
- Azotea del edificio CARTIF I y II: Donde se encuentran las instalaciones de climatización, energía fotovoltaica y solar térmica, para autoconsumo del Centro. Allí se encuentran también las salidas de gases de las campanas extractoras de los laboratorios, destacando que la ubicación de éstas debe ser tal que los gases emitidos por ellas no alcancen las entradas de las máquinas de climatización. En la azotea también se encuentra la chimenea de la caldera de gas del edificio, donde se pudo observar el punto de toma de muestra donde realizar los análisis de emisiones atmosféricas.

En cuanto a los elementos de Seguridad y Salud más importantes vistos durante la duración de la presente práctica, se encuentran:

- Detectores de presencia y contra incendios: De distintos tipos (iónicos, ópticos y

termovelocimétricos).

- Señalización fotoluminiscente de emergencia en caso de incendio: Advertencia, obligación, prohibición y evacuación, conforme a lo expuesto en el Real Decreto 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- BIEs o bocas de incendio equipadas: Son equipos de lucha contra incendios que permiten transportar y proyectar agua hasta el lugar del incendio. Se encuentran fijadas sobre la pared y conectadas a la red de agua (5 bares de presión) de las instalaciones de CARTIF. Cuentan con una manguera de 25 mm de diámetro, que puede ser rígida o no, de 20 m de longitud. Se comprobó la correcta ubicación de las mismas, respetando la distancia máxima de 50 m entre cada una.
- Extintores: en las instalaciones de CARTIF: Se encuentran tres tipos de extintores dependiendo de su función:
  - *Agua*: Se emplean en fuegos en los que puedan haber equipos eléctricos presentes.
  - *Polvo ABC*: Actúan por sofocación, interrumpiendo posibles reacciones intermedias en cadena (Radicales Intermedios).
  - *CO<sub>2</sub>*: Se emplean contra fuegos que involucran materiales orgánicos sólidos y/o líquidos inflamables y sólidos fácilmente fundibles.
- Identificación cromática de tuberías de gases y líquidos: Fundación CARTIF cuenta con el siguiente sistema de identificación de tuberías:
  - *Verde*: Suministra agua de servicio del Centro.
  - *Amarillo*: Suministra gas natural.
  - *Azul*: Suministra aire comprimido.
  - *Roja*: Suministra agua para protección contra incendios.

En caso de que la tubería no se encontrara clasificada por colores, se colocan etiquetas con el nombre del fluido que circula en cada una para una correcta identificación del contenido.

- Vestíbulo de independencia en el acceso: Al garaje del edificio y en el paso de la zona de trabajo en alta presión a la de atmósferas explosivas, así como en los accesos a las salas de calderas. Por otro lado, se encuentran puertas de protección contra incendios en los accesos a los diferentes laboratorios y cuartos de instalaciones.
- Pinturas intumescentes: Otorgan resistencia al fuego a elementos estructurales de hierro en caso de incendio.
- Equipos de protección individual: Guantes contra riesgos eléctricos y mecánicos, arneses, cascos, pantallas de soldadura, protección respiratoria, gafas de protección, botas de protección, etc.
- Equipos de medición de emisiones atmosféricas: Sonda isocinética para la determinación de partículas en la corriente de gas emitida por la chimenea, equipo de medición del índice de opacidad Bacharach, analizador de compuestos órgano-volátiles (COVs), sistemas de medida de inmisión de partículas, analizador de humos de combustión (NOx, CO, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) y analizador de gases mediante tubo colorimétrico.
- Centro de procesamiento de datos (CPD): Se reconocieron las diferentes medidas de seguridad necesarias en este tipo de centros: cuenta con un sistema de extinción automático de incendios con botella de CO<sub>2</sub> y doble sistema de refrigeración, de vital importancia para evitar que fallos en la distribución de energía o del sistema de refrigeración afecten los equipos.

En cuanto a las actividades realizadas en relación al Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales de CARTIF, se pueden enumerar las siguientes:

- Revisión de la Evaluación de Riesgos y el Plan de Medidas Preventivas de las instalaciones.
- Gestión de pedidos a través de diferentes distribuidores de Equipos de Protección Individual donde se pudo conocer el valor unitario de cada equipo de protección, para poder realizar el balance económico posterior de las medidas que se proponen en la presente evaluación.

- Revisión del Plan de Emergencia de CARTIF, donde se pueden ver los distintos tipos de emergencia (conato de emergencia, emergencia parcial y emergencia general) y sus respectivos medios a emplear y personal correspondiente. También se señalan las normas de actuación en posibles derrames, amenazas de bomba y accidentes, y los recursos humanos asignados al Plan de Emergencia.
- Índices de protección de los diferentes equipos y máquinas: Se encargan de indicar los grados de protección proporcionados contra el acceso a las partes peligrosas, tanto contra la penetración de cuerpos sólidos extraños como contra la penetración de agua.
- Marcado CE: Conforman un indicador fundamental de la conformidad de un producto determinado con la legislación europea vigente, según la Directiva 2006/42/CE. Se realizó una revisión de las máquinas presentes en las instalaciones de CARTIF para comprobar la presencia o ausencia del marcado.
- Coordinación de actividades empresariales: Se conoció la documentación entregada a la empresa correspondiente (evaluación de riesgos del centro de trabajo, plan de emergencia y trípticos de emergencia) y los datos que, del mismo modo, deben recibir (medidas de prevención y protección, certificación de cumplimiento de la legislación vigente, relación de operarios y su formación, etc.).

## 5. EVALUACIÓN DE RIESGOS

### • **NORMATIVA**

Para realizar una correcta Evaluación de los Riesgos presentes en el sitio de trabajo se realizó una revisión de las Leyes y Reales Decretos vigentes aplicables a la actividad realizada (tanto de manera general como específica) en la planta piloto que se mencionan a continuación:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos

durante el trabajo.

- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

- **METODOLOGÍA**

Con la finalidad de Evaluar los riesgos presentes en la planta piloto de que dispone IDECAL, se empleó el método propuesto por el Instituto de Salud y Seguridad en el Trabajo (INSST).

El cual una vez determinada la actividad que se va a evaluar, nos permite conocer y desglosar la información para ser analizada de una manera más específica, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Clasificación de las actividades realizadas en el sitio de trabajo, considerando:

- Áreas externas las instalaciones de la empresa.
- Áreas internas del sitio de trabajo (pasillos, zonas de circulación, facilidades).
- Etapas del proceso de producción de biogás.

- Trabajos planificados y mantenimiento.
- Tareas definidas (manual de procedimientos, tiempo, uso de Epis, formación).

Con la finalidad de determinar los riesgos que se derivan de la actividad, se realiza un Análisis del Riesgo, se identifica el peligro y cuantifica, valorando conjuntamente la probabilidad y las consecuencias de que se materialice el peligro; por tanto, esta valoración de los riesgos supone el establecimiento de una escala o valor de juicio sobre la tolerancia que se pueda tener frente al riesgo evaluado.

La correcta Gestión del Riesgo supone una valoración tolerable del manejo de técnicas que nos permitan controlarlos, mediante la implantación de una serie de medidas preventivas; para lo cual será necesario:

- Eliminar o reducir el riesgo, mediante medidas de prevención en el origen, organizativas, de protección colectiva, de protección individual o de formación e información a los trabajadores.
- Controlar periódicamente las condiciones, la organización y los métodos de trabajo, así como el estado de salud de los trabajadores.

Para este caso, el método de evaluación empleado para la Evaluar los Riesgos de la planta piloto de producción de Biogás es el método general propuesto por INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, de ahora en adelante INSST). Dicho método establece el riesgo para cada peligro como una conjunción entre las consecuencias potenciales (baja, media alta) y la probabilidad de que el hecho se materialice (ligeramente dañino, dañino, extremadamente dañino). De esta forma quedarán evaluados los riesgos correspondientes a cada peligro para de esta manera poder establecer una escala de prioridades para la toma de acciones preventivas en el puesto de trabajo.

El INSST, para la severidad del daño establece la clasificación de la Tabla 1, en función de la naturaleza de los efectos causados y la afectación de la zona corporal comprometida.

**Tabla 1: Valoración de la severidad del daño.**

<b>SEVERIDAD DEL DAÑO</b>	
<b>LIGERAMENTE DAÑINO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Daños superficiales: cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo.</li><li>• Molestias e irritación, como dolor de cabeza o discomfort.</li></ul>
<b>DAÑINO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores.</li><li>• Sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.</li></ul>
<b>EXTREMADAMENTE DAÑINO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales.</li><li>• Cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida.</li></ul>

La probabilidad de que se materialice el riesgo una vez implementados las medidas preventivas, se clasifica en tres niveles (baja, media y alta) los cuales se incrementan con la probabilidad o frecuencia con que estos se produzcan (Tabla 2).

**Tabla 2:** Valoración de la probabilidad de que ocurra el daño.

PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL DAÑO	
Baja (B)	El daño ocurrirá raras veces
Media (M)	El daño ocurrirá algunas veces
Alta (A)	El daño ocurrirá siempre o casi siempre

Mediante la recopilación de datos obtenidos previamente en cuanto a probabilidad y severidad del daño, se obtiene la estimación del nivel de riesgo como se expresa en la tabla siguiente:

**Tabla 3:** Estimación del nivel de riesgo resultante.

NIVEL DE RIESGO		CONSECUENCIAS		
		Ligeramente dañino (LD)	Dañino (D)	Extremadamente dañino (ED)
PROBABILIDAD	<b>Baja (B)</b>	Trivial (T)	Tolerable (TO)	Moderado (MO)
	<b>Media (M)</b>	Tolerable (TO)	Moderado (MO)	Importante (I)
	<b>Alta (A)</b>	Moderado (MO)	Importante (I)	Intolerable (IN)

Los niveles obtenidos en la Tabla 3 son los que formarán los cimientos para la decisión del tipo de acción preventiva que debe llevarse a cabo, estableciendo prioridades para

esta acción según los criterios que definen cada nivel. La clasificación resultante es la indicada en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Tipos de acción preventiva según el nivel de riesgo.

<b>RIESGO</b>	<b>ACCIÓN</b>
<b>Trivial (T)</b>	No se requiere la realización de ninguna acción específica
<b>Tolerable (TO)</b>	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
<b>Moderado (MO)</b>	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
<b>Importante (I)</b>	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
<b>Intolerable (IN)</b>	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

## 6. EVALUACIÓN DE RIESGOS DE PLANTA PILOTO PARA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS

### 6.1. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

Centro de trabajo	Localización	Número de trabajadores	División
Planta piloto de IDECAL S,L.	CARTIF III – parque tecnológico Boecillo	2	Agroalimentación y Procesos Sostenibles

### 6.2. OBJETIVO DE LA PLANTA PILOTO

Evaluar el rendimiento y la producción de biogás a partir de residuos orgánicos, como una vía alternativa al aprovechamiento de este desecho como combustible, dándole un valor agregado, lo que permite disminuir los impactos generados al Medio Ambiente y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

### 6.3. BIOGÁS Y SUS APLICACIONES

El biogás a escala industrial tiene sus orígenes en la década de los años 60 en la India, donde el aprovechamiento energético de los desechos bovinos sumado al déficit de energía llevaron a la población a recurrir a medios más efectivos para contrarrestar, la ausencia de energía eléctrica, carbón y demás sustitutos energéticos, obteniendo con ello un valor agregado; los abonos enriquecidos (Campos, 2001), estos beneficios fueron aprovechados por países industrializados como China que en los años 70 contaba con más de 5 millones de digestores anaerobios ( Cui y Xie, 1985); la rentabilidad del proceso, su fácil manipulación y los beneficios que se conseguían en relación al Medio Ambiente lo han convertido en una de las alternativas para reducir emisiones contaminantes a la atmosfera, así como la optimización de procesos y el aprovechamiento de los desechos generando una economía circular y una notable disminución de las emisiones ambientales de los gases efecto invernadero.

#### 6.4. COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS

El proceso de digestión anaerobia transforma la biomasa, a través de una serie de reacciones bioquímicas, produciendo biogás, el cual se compone, aproximadamente, en mayor cantidad de metano ( $\text{CH}_4$ ), 65%, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), 45%, y en menor proporción de ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), nitrógeno e hidrógeno.

El cual correctamente tratado y purificado para su uso doméstico o industrial es seguro y similar al gas natural.

Según la actual legislación europea, es necesario que tenga más del 95% de metano para que sea considerado como gas natural renovable o biometano.

#### 6.5. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA PILOTO

La planta piloto de producción de biogás se encuentra en el interior de CARTIF III, en una nave que tiene las siguientes dimensiones; 200 m<sup>2</sup> de superficie y una altura de 7 m, la cual se encuentra catalogada como una zona desclasificada, debido a su tamaño en relación con la planta de digestión y a que se realizan renovaciones de aire lo que no permite acumulación de gases ya que se diluyen en el aire; cuenta además con equipos de protección colectiva (extintores de tipo A,B,C, duchas lava ojos, boca de agua en caso de incendio y puertas corta fuego que pueden resistir hasta una hora las llamas, salidas de emergencia y planos de evacuación).



Fuente: CARTIF S.L., 2020

**Fotografía 2-1:** Duchas de emergencia



Fuente: CARTIF S.L., 2020

**Fotografía 2-2:** Identificación cromática de tuberías



Fuente: CARTIF S.L., 2020

**Fotografía 2-3:** Señalización de zonas seguras de tránsito peatonal



Fuente: CARTIF S.L., 2020

**Fotografía 2-4:** Bocas contra incendios

El proceso que se lleva a cabo, en la Planta Piloto de digestión anaeróbica, consta de varias etapas, que se mencionan a continuación.

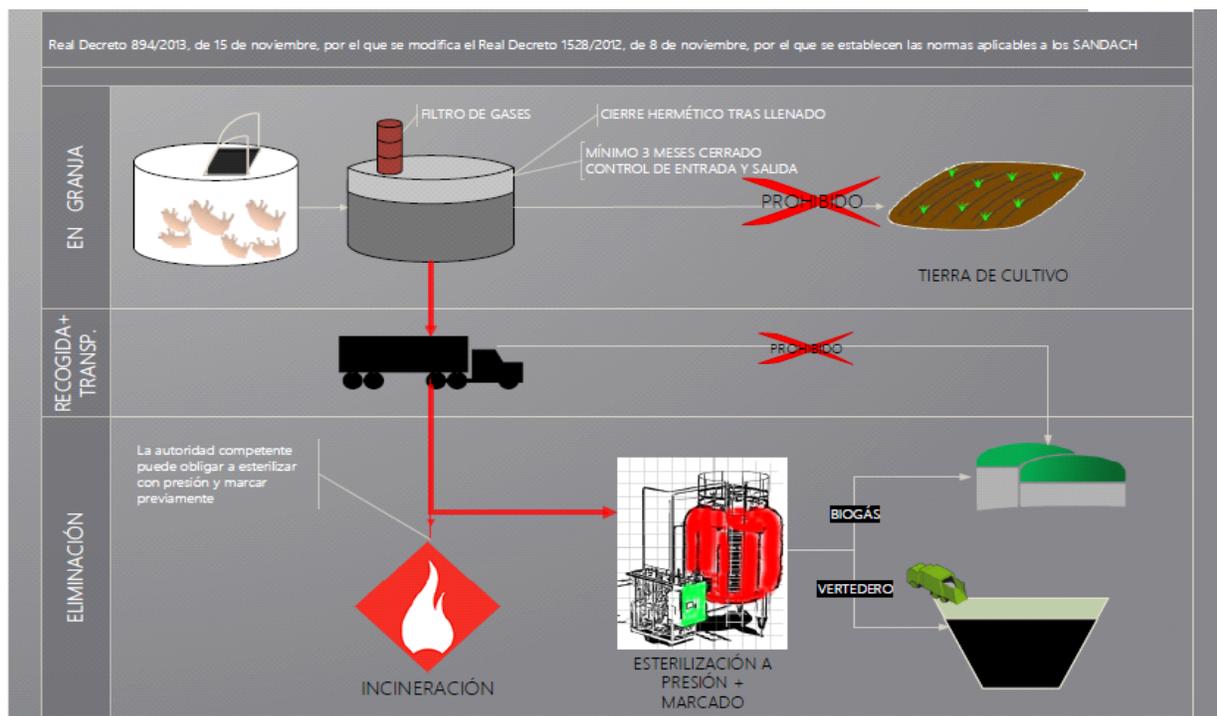


**Fotografía 3:** Vista global de los equipos de la planta piloto de producción de biogás.

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### Etapa 0. Tratamiento de biomasa (mezcla de purín y triturado de cadáveres de cerdo):

La empresa porcina, siguiendo las normas mínimas para disposición de residuos animales, en este caso de categoría 2, se ciñe a la normativa SANDACH, Real Decreto 894 de 2013; donde el almacenamiento, transporte y estabilización de la biomasa empleada para el proceso de digestión anaerobia corre por su cuenta (ver Imagen 1) o puede ser contratada externamente por un gestor de residuos, IDECAL S.L. recibe la muestra esterilizada.



Fuente: CARTIF S.L, 2020

Imagen 1: Proceso de disposición de residuos de origen animal

## INSUMOS EMPLEADOS PARA LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Como sustrato para la producción de biogás en la planta piloto de IDECAL, se emplean los siguientes subproductos:

- Harina de huesos y carne 30%.
- Aguas residuales derivadas de la actividad de matadero porcino 10%.
- Glicerina 10%.

Para inocular el sustrato y generar la degradación de la biomasa se utiliza:

- Purín porcino 50%.



Imagen 2: representación de la planta piloto.

### Etapa 1. Triturado de la materia prima

Una vez entregada la biomasa porcina esterilizada (a presión y marcada), es tratada en un sistema triturador, compuesto por una tolva de entrada de 50 litros, de capacidad, aproximados, construida en acero inoxidable de 3 mm, con puerta- trampilla para vertido de producto sólido – líquido, la cual está conectada a un triturador eléctrico de residuos orgánicos con arranque y parada controlado desde el sistema de control. Este proceso

garantiza el rompimiento de los compuestos orgánicos de tamaño superior a 2 mm, tales como carbohidratos y grasas animales para una correcta optimización y aceleración del proceso de digestión bacteriano, posteriormente la mezcla de biomasa es llevada a un sonificador (S), durante 10 s, con la finalidad de romper la membrana celular de las partículas presentes en la mezcla y que la materia orgánica contenida en su interior sea fácilmente accesible a las bacterias que intervienen el proceso de digestión anaerobia.

### **Etapa 2. Hidrólisis: homogenización de la materia prima en tanque de agitado.**

Una vez triturada y sonicada la biomasa; el material es almacenado en el tanque de homogenizado de 500 L, el cual a través de una bomba peristáltica Boyser, de caudal controlado, de 20 L/h, por un tubo de 8 mm de diámetro interno, alimenta el digester anaerobio R1 de homogenización, hecho de acero inoxidable con bajo contenido en carbono, altamente resistente a la corrosión y ofrece una excelente resistencia, el cual tiene una capacidad máxima de 500 L; pero solo se llena hasta 400 L por condiciones de seguridad, la mezcla se mantiene a temperatura y presión ambiental para ir en las etapas posteriores dosificándola al reactor acidogénico.

### **Etapa 3. Proceso de acidogénesis**

Una vez homogeneizada la mezcla, esta se transfiere al reactor acidogénico R2, el cual tiene una capacidad de 100 L, y puede alcanzar una temperatura del proceso máxima de 70° C y presión variable; pero para este proceso se trabaja a temperatura de 35° C y presión ambiente. Una vez sintetizado el sustrato por las bacterias hidrolíticas/ acidogénicas/acetogénicas, pasado un tiempo de unos 4 días, es transferido a la siguiente etapa del proceso (metanogénesis).

### **Etapa 4. Metanogénesis**

La fase metanogénica es donde las bacterias convierten la biomasa proveniente del reactor acidogénico en productos como biogás (dióxido de carbono y metano) y digestato. El metano tiene un alto poder calorífico por lo que es utilizado como fuente de energía para la generación de calor y electricidad (cogeneración). La biomasa, una vez agotados

los recursos de las bacterias acidogénicas, pasa a el reactor R3, el cual tiene una capacidad de 500 L, en esta etapa la presión es controlada y la temperatura de operación es de 35° C (condiciones mesófilas). Aquí el tiempo de residencia es de 16 días.

Una vez producido el biogás, es conducido a un medidor de flujo volumétrico, el cual registra la cantidad de gas generada, para posteriormente ser liberado al ambiente.

Los residuos restantes del proceso (digestato) tienen gran cantidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo, etc.) por lo que puede ser utilizado como biofertilizante en agricultura.



Fuente: CARTIF S.L., 2020

**Fotografía 4-1:** *Tanque acidogénico*



Fuente: CARTIF S.L., 2020

**Fotografía 4-2:** *Tanque homogeneizador*



Fuente: CARTIF S.L., 2020

**Fotografía 4-3: Tanque Metanogénico,**



Fuente: CARTIF S.L., 2020

**Fotografía 4-4:**

## 7. EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

**Tabla 5.** Resultados obtenidos en la evaluación de riesgos de la planta piloto.

EVALUACIÓN DE RIESGOS PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS IDECAL						
			NUMERO DE TRABAJADORES: 2,			
			LOCALIZACIÓN: Edificio Cartif III			
			PUESTO DE TRABAJO: Operario planta piloto biogás			
			FECHA DE EVALUACIÓN: 20/07/2020			
PROCESO	RIESGO	P	S	R	CAUSAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
	Golpes y cortes.	B	LD	TO	Cierre de tapas, tolva triturado. Arranque intempestivo de la trituradora, en el proceso de limpieza, por una colmatación de la misma.	Usar guantes de protección. Desconectar la triturada antes de proceder a su limpieza.
	Proyección de elementos, partículas, salpicaduras.	M	LD	TO	Atascamiento de planta de triturado.	Usar gafas de seguridad y protección facial
	Riesgo biológico.	M	D	MO	Insumos de origen animal. Derrame al realizar el llenado de la tolva de bacterias y coliformes.	Esquema de vacunación completo. Usar guantes y gafas de seguridad. Evitar el contacto dérmico. Realizar lavado de partes del cuerpo manchadas en caso de salpicaduras.
	Caídas al mismo nivel.	B	LD	TO	Tropezos con partes salientes del equipo de ultrasonidos.	Asegurarse de una buena limpieza y orden del puesto de trabajo. Seguir procedimiento de operación de la planta.

Atrapamiento dedos, objetos y cabello.	<b>M</b>	<b>D</b>	<b>TO</b>	Extractor de ventilación	Instalar una rejilla con un ojo de malla que no permita el ingreso de objetos ni dedos. Seguir los procedimientos y normas de seguridad. Cabello recogido.
Riesgo de asfixia.	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>MO</b>	Gases de la digestión que son liberados al ambiente	Seguir los procedimientos de trabajo. Operar la planta de biogás siempre y cuando este en operación el extractor de gas de la cabina. Uso de elementos de protección personal obligatorios para la actividad (gafas, guantes).
Salpicaduras y proyecciones.	<b>B</b>	<b>LD</b>	<b>TO</b>	Salpicaduras debidas al manejo de instrumental durante la etapa de limpieza del digestor.	Usar gafas de protección
Contacto eléctrico indirecto.	<b>B</b>	<b>LD</b>	<b>TO</b>	Posible contacto con alguna parte en mal estado de la instalación eléctrica del biodigestor.	Desconectar de la corriente el equipo antes de realizar las labores de mantenimiento. Revisar las conexiones eléctricas para detectar posibles partes en mal estado de las instalaciones
Caída a distinto nivel.	<b>B</b>	<b>LD</b>	<b>TO</b>	Desmontaje de placa transparente de policarbonato o realizar labores de mantenimiento que de los agitadores(+2 metros).	Usar escaleras de mano en buen estado de conservación. Usar equipos de protección individual: arnés, botas, guantes, casco con barbuquejo y gafas. Señalizar adecuadamente la zona de trabajo.

**VALORACIÓN:** (P) Probabilidad: **B** (baja), **M** (media), **A** (alta); (S) Severidad: **LD** (ligeramente dañino), **D** (dañino), **ED** (extrem. dañino); (R) Valor del Riesgo: **T** (trivial), **TO** (tolerable), **M** (moderado), **I** (importante), **IN** (intolerable)

## 8. EQUIPOS EMPLEADOS EN LA PLANTA PILOTO Y SU DOCUMENTACIÓN

**Tabla 6:** Relación de documentación presente en los distintos equipos de la planta piloto.

Etapa	Equipo	Manual de instrucciones	Marcado	Declaración CE	Observaciones
Homogenización	Trituradora	SI	SI	SI	CUMPLE
	Bomba peristáltica	SI	SI	SI	CUMPLE
	Digestor anaerobio	SI	NO	NO	NO REQUERE MARCADO CE (INVESTIGACIÓN)
	Equipo de ultrasonido	SI	SI	SI	CUMPLE
Acido génesis	Digestor anaerobio	SI	NO	NO	NO REQUERE MARCADO CE (INVESTIGACIÓN)
	Bomba peristáltica	SI	SI	SI	CUMPLE
Metanogénesis	Digestor anaerobio	NO	NO	NO	NO REQUERE MARCADO CE (INVESTIGACIÓN)
	Caudalímetro volumétrico	SI	SI	SI	CUMPLE
	Bomba peristáltica	SI	SI	SI	CUMPLE
	Extractor de ventilación	SI	SI	SI	CUMPLE

Tal y como establece el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, según el artículo 1 “Objeto y ámbito de aplicación”, toda máquina que se use para fines industriales requieren Marcado CE, según el apartado 1.h existen algunas excepciones previstas en esta directiva, tal es el caso de las plantas piloto y equipos de ensayos en investigación; en este caso la mayoría de componentes de la planta piloto de digestión anaerobia cumplen con la Normativa CE. Presentando el manual de instrucciones en castellano y el marcado CE en la máquina, así como la declaración CE de conformidad, por lo que en caso de llegar a fabricar y comercializar plantas de digestión anaerobia si se tendría la obligación por parte del fabricante de realizar la marcación CE de manera general integrando el conjunto, con la finalidad de garantizar que el equipo cumple con los requisitos técnicos mínimos de seguridad.

## 9. BALANCE ECONÓMICO DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS

*Tabla 8: Totalidad de medidas preventivas propuestas y su coste económico.*

Medida	Número	Coste unitario (€)	Coste total (€)	Responsable de la implantación	Fecha prevista de implantación	Fecha de implantación	Firma del responsable
Caja de guantes de nitrilo (200 unidades)	1	16	16	Jefe de proyecto	Antes de comenzar el trabajo		
Guantes de protección contra impactos Piel flor	2	3	6	Jefe de proyecto	Antes de comenzar el trabajo		
Arnés	1	75	75	Jefe de proyecto	Antes de comenzar el trabajo		
Dispositivo y cuerda de línea de vida	1	83	90	Jefe de proyecto	Antes de comenzar el trabajo		
Instalación para la línea de vida	1	300	300	Jefe de proyecto	Antes de comenzar el trabajo		
Malla para extractor	1	50	50	Jefe de proyecto	Antes de comenzar el trabajo		
Mascara para gases y vapores	2	120	240	Jefe de proyecto	Antes de comenzar el trabajo		
<b>TOTAL</b>			<b>777 €</b>				

## **10. CONCLUSIONES GENERALES**

Las prácticas en la empresa IDECAL, han sido muy satisfactorias en cuanto a la cantidad de trabajos que allí se realizaron referentes a la investigación, lo que permite conocer de cerca las medidas de seguridad que deben ser implantadas para cada proceso específico, pues se tiene el sector químico con sus medidas de seguridad y las disposiciones finales de los residuos generados, los sistemas de extracción que van desde ventilación y dilución hasta la extracción localizada para tareas específicas.

De la misma manera, se tiene el sector biológico, con los riesgos que se exponen en la tarea y las medidas preventivas que deben realizarse, hasta llegar a la robótica y la automatización, donde se hizo énfasis en la importancia del marcado CE, las instrucciones de operación de la máquina por parte del fabricante y el certificado de conformidad como primera medida para garantizar la operación de manera segura, de otro lado en el área de robótica se pudo conocer los avances tecnológicos en rehabilitación y las medidas de protección necesarias para comercializar una máquina desde el punto de vista de la seguridad y los requerimientos sanitarios.

Aunque la empresa IDECAL S.L, cuenta con un servicio de Prevención de Riesgos Laborales Ajeno, los cuales realizan las capacitaciones en algunos casos y las evaluaciones de riesgo de los puestos de trabajo, se pudo conocer de manera general la articulación y la gestión del técnico de prevención con el servicio de prevención, la programación de actividades preventivas entre otros, así como la gestión de compras de los equipos de protección personal y las medidas que deben ser implantadas en casos específicos como el Covid 19.

De manera específica la Evaluación de Riesgos de la Planta Piloto, me ha permitido recurrir a la revisión de normativa (leyes y reales decretos), lo que ha afianzado mis conocimientos, ya que una correcta Evaluación de Riesgos exige considerar los aspectos más importantes y que no han podido controlarse desde el punto de vista operativo y tomar medidas para mitigarlo o reducirlo a lo mínimo, así como conocer de primera mano el funcionamiento de la máquina que se evalúa a profundidad, lo que permite considerar el mas mínimo detalle que supone un riesgo para dar

cumplimiento a la legislación vigente.

Todas las medidas propuestas deberán ser establecidas antes de que comience la actividad en la Planta Piloto, cuyo objetivo principal es que los trabajadores realicen sus labores de investigación en un puesto de trabajo con las condiciones de seguridad y salud adecuadas.

Las primeras medidas que deben tomarse son las que afectan a la colectividad de trabajadores y demás personas que puedan encontrarse en las instalaciones de la Planta Piloto. Se debe delimitar el área de trabajo de manera que personal ajeno a las instalaciones no pueda entrar a las mismas. Por otro lado, se protegerán los cables y tuberías de los equipos mediante la colocación de canales pasacables que protegerán de posibles caídas y tropiezos.

Se deberá tener especial cuidado con el orden y la limpieza de la planta, para evitar que pueda haber objetos dispuestos inadecuadamente en las instalaciones y que pueda provocar caídas tanto al mismo nivel como en altura.

Colocar duchas y lavaojos en las zonas en las que se manejen los diferentes productos químicos concentrados, por si las salpicaduras de dichos productos alcanzaran los ojos u otras partes del cuerpo.

El personal operador de la planta deberá revisar la instalación antes de su puesta en marcha, para comprobar que todo se encuentra de manera correcta. Por otro lado, es conveniente que se realicen revisiones cada año, cuando alguno de los trabajadores informe de la aparición de algún problema en la instalación y cada vez que se vayan a cambiar algunos de los equipos o sus componentes.

Se deberán instalar dos contenedores móviles en la nave en los que depositar posible material contaminado como los guantes de nitrilo y material que haya sido empleado en fugas o derrames de dichos productos biológicos.

Por último, se deberá velar por que los Equipos de Protección Individual estén disponibles en todo momento para el uso del personal que se encuentre trabajando en la Planta Piloto.

## 11. CONCLUSIONES DE LAS PRÁCTICAS

Una vez concluidas las prácticas en la empresa IDECAL S, L., se puede concluir que han supuesto un periodo altamente satisfactorio en el aspecto formativo y personal. La formación recibida durante la duración de las prácticas ha supuesto la integración de los conocimientos adquiridos tras la duración del Master, tanto teórica como práctica.

De este modo, se puede concluir que los objetivos propuestos para la presente práctica se han cumplido de manera satisfactoria en los siguientes aspectos:

- Complementar la formación recibida en el Master con otra de aspecto teórico-práctico en casos y proyectos reales, con equipos y máquinas que serán empleados en los mismos.
- Adquisición de agilidad y facilidad en el manejo de legislación en materia de prevención, a la hora de buscar e interpretar cada situación propuesta.
- Adquisición de conocimientos acerca de las instalaciones y el modo de operar de un centro de investigación como IDEAL, S.L., mediante el conocimiento de los diferentes equipos, procesos, productos, etc.
- Posibilidad de conocer diferentes zonas de trabajo que pueden requerir de medidas específicas, diferentes a las estudiadas en la planta piloto.
- Capacidad para reconocer instalaciones que se encuentran de forma general en edificios, tanto industriales como no industriales: climatización, protección contra incendios, instalaciones eléctricas de baja y alta tensión, servidores de datos, etc.

## 12. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

### BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Campos, Pozuelo A. E. “Optimización de la digestión anaerobia de purines de cerdo mediante codigestión con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria”.
- Campos Pozuelo Antonia E. Tesis para optar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Lleida. 2001. Pág. 121-225.
- Cui Y., X. H. Xie: “China State Biogas Association. An Outline on the Biogas Development in China”. Proceedings of the Fourth International Symposium on Anaerobic Digestion Held, pp. 3-14, Guangzhou, China on 11-15 November, 1985.

### LEGISLACIÓN Y NORMAS

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Guía de Evaluación de Riesgos Laborales del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). 1996.

## DIRECCIONES DE INTERNET

- Página web de la Fundación CARTIF: [www.cartif.com](http://www.cartif.com)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo: [www.insst.es](http://www.insst.es)
- Boletín Oficial del Estado: [www.boe.es](http://www.boe.es)
- Equipos de Protección Individual Faru: [www.faru.es](http://www.faru.es)
- Página Web de IDECAL: [www.idecal.es](http://www.idecal.es)