

CENTRO MIXTO CSIC-UPV/EHU DE FISICA APLICABLE “MANUEL LABORDE WERLINDEN”

Resumen. Este documento propone la transformación de la actualmente existente Unidad Asociada de Investigación de Física Aplicable entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) en Centro Mixto CSIC-UPV/EHU. Se exponen las razones por las que dicha transformación se considera beneficiosa y pertinente, tanto para las dos instituciones investigadoras implicadas como para nuestro entorno industrial y de I+D. Se describen las líneas maestras de actividad que se pretenderían desarrollar en el Centro, se presentan las entidades colaboradoras en tales actividades, que agrupan a diversas Universidades, Centros Tecnológicos, Empresas y Grandes Instalaciones Científicas, y se propone un esquema de las instalaciones que lo albergarían.

1. Antecedentes

La Unidad Asociada de Investigación en Física Aplicable CSIC-UPV/EHU fue creada en 2001 y prorrogada en 2005. Actualmente integra a personal del Instituto de Estructura de la Materia del CSIC y de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU, fundamentalmente del Departamento de Electricidad y Electrónica, con participación además de otros departamentos de la sección de Física de la Facultad.

Desde su nacimiento, la Unidad Asociada ha desarrollado una importante actividad, muy fuertemente ligada a las Grandes Instalaciones Científicas europeas y singularmente dedicada al diseño y suministro de instrumentación avanzada de última generación para dichas instalaciones. Dos ejemplos representativos, entre otros muchos, de esta intensa actividad son:

- El acuerdo entre el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) y el Council for the Central Laboratory of the Research Councils (CCLRC) del Reino Unido, que regula la participación española en la construcción del segundo blanco de espalación en la fuente pulsada de neutrones y muones **ISIS** (Reino Unido) [1]. Dicha participación, financiada regularmente por el MEC, es dirigida desde la Unidad Asociada. Por otra parte está activa asimismo una “Specific Support Action” (nº 011723, acrónimo ISIS-TSII, con fecha de comienzo 1 Marzo 2005) del VI Programa Marco UE dentro del programa “Construction of New Research Infrastructures”. Este proyecto europeo es también dirigido desde la Unidad Asociada. Fruto de todo ello se han desarrollado y suministrado ya a lo largo de los años varios instrumentos y componentes para la fuente de neutrones. Una idea de la envergadura de estas actividades la da el hecho de que ISIS cifra en **10 M€** el coste medio total de cada instrumento.

- La colaboración estrecha y existosa con el **Institut Laue Langevin ILL** (Francia), para el que últimamente desde la Unidad Asociada se ha desarrollado y suministrado un novedoso instrumento completo (espectrómetro de tres ejes IN8c, [2]) actividad financiada a lo largo del tiempo mediante diversos proyectos y acciones, y finalizada por medio de la Acción Especial del MEC código AE00-0004 y el proyecto FPA2001-2817 dirigidos desde la Unidad Asociada.

A la vista de la naturaleza y envergadura de los proyectos desarrollados y su alto grado de éxito concretado en el diseño y suministro final de equipos novedosos y en funcionamiento, cabe destacar que la creación de la Unidad Asociada no solamente ha beneficiado al CSIC o la UPV/EHU, a quienes indudablemente ha dado cierto prestigio internacional en el campo de la instrumentación científica para grandes instalaciones, sino que el evidente acoplamiento existente de estas actividades de investigación con el desarrollo industrial de alta tecnología, ha supuesto un importante impulso para diversos Centros Tecnológicos y Empresas de su entorno (ver por ejemplo [3-6]), constituyendo un excelente (y escaso) ejemplo de auténtica colaboración entre el ámbito académico de investigación y el industrial.

2. Situación presente

A medida que la Unidad Asociada ha ido ganando actividad se ha hecho cada vez más evidente que tanto su actual estructura jurídica formal como las instalaciones en que se ubica son insuficientes y restringen fuertemente la ampliación de actividades que se preven. En particular, fruto de la colaboración entre la Unidad Asociada, el Centro Tecnológico Tekniker [3], la Ingeniería Added-Value Solutions (AVS) [4], las empresas especializadas Elytt Energy [5] y Grupo JEMA [6], el Depto. de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos de la UPV/EHU, y con sendos acuerdos firmados con ISIS (Reino Unido) e ILL (Francia), la Unidad Asociada tiene previsto iniciar el diseño, desarrollo y montaje de un **Laboratorio de Aceleradores e Instrumentación** en el Parque Científico-Tecnológico previsto en el Plan Director del Desarrollo del Campus de Leioa de la UPV/EHU [7]. Se trata de una iniciativa de muy alto calado que constituye un reto científico y tecnológico de primera magnitud, pero con unos beneficios potenciales enormes tanto para la investigación como para el desarrollo industrial:

- Merece la pena mencionar que a día de hoy, el único grupo en el conjunto del territorio estatal con experiencia demostrada en el diseño y construcción de instrumentación neutrónica de última generación se encuentra amparado dentro de la Unidad Asociada. Extender esta experiencia al estrechamente relacionado ámbito de la ciencia y tecnología de los aceleradores de partículas abre incontables nuevas posibilidades de desarrollos, aplicaciones y beneficios a corto, medio y largo plazo.
- Merced a la experiencia internacional adquirida, se ha constatado que es posible orientar el Laboratorio hacia desarrollos novedosos y en la punta de lanza tecnológica, de posible utilidad en el contexto las grandes instalaciones científicas europeas, pero a la vez perfectamente abarcables y ubicables en una

nave industrial de pocas decenas de metros de longitud, y operables por un número razonable de personas (ver sección 3 Plan de actividades).

- Nuestro entorno es fuertemente deficitario tanto en conocimiento básico de la ciencia de aceleradores e instrumentación como en las tecnologías y desarrollos industriales que los sustentan. Habida cuenta de que, por una parte, se trata de un ámbito de máximo interés científico y que por otra parte la industria suministradora de esta clase de equipos es de alta especialización, gran valor añadido y mueve cantidades de miles de M€ anuales, la creación de este Laboratorio se considera de enorme interés, tanto para hacernos presentes con fuerza en el contexto internacional como para impulsar el sector industrial especializado local.

La Unidad Asociada no puede acometer desde su frágil status jurídico actual un reto como la creación y desarrollo del Laboratorio que hemos mencionado. Claramente, la evolución natural de la Unidad Asociada es su **transformación en Centro Mixto CSIC-UPV/EHU**, cuya naturaleza jurídica, sólida y bien reconocida en la legislación académica, albergaría de manera adecuada las actividades investigadoras descritas. Paralelamente a la creación formal del Centro Mixto, sería pertinente dotarlo de locales e instalaciones apropiadas, para superar la actual situación de ocupación compartida y en precario de algunos locales de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU.

3. Plan de actividades

Desde el Centro Mixto se tiene previsto impulsar un ambicioso Plan científico de actividades para los próximos años que incluye acciones que giran en torno al anteriormente citado Laboratorio de Aceleradores e Instrumentación y que implican fuertemente no sólo al CSIC y UPV/EHU sino a un gran equipo de Centros Tecnológicos, Empresas y Grandes Instalaciones Científicas (ver sección 4). Los desarrollos más sobresalientes previstos incluyen:

- El suministro de nueva instrumentación a la fuente pulsada ISIS dentro del acuerdo bilateral MEC-CCLRC por el cual la administración central contribuye con 1M€ anual en especie como cuota de participación en la instalación a cambio de tiempo de haz disponible a usuarios españoles.
- El diseño y prototipación de elementos de óptica neutrónica de nueva generación, amparado ello en un proyecto PROFIT.
- El desarrollo de un detector de última generación para difractor de adquisición rápida sobre áreas ultra largas (Dracula), en el contexto del acuerdo existente con ILL.
- El diseño y construcción de un Front End Test Stand (FETS), capaz de proporcionar una corriente de protones perfilada (chopped) de 60 mA en pulsos de 2ms, en el contexto del acuerdo existente con ISIS. El sistema comprende las cinco primeras fases de aceleración previas a la inyección en tubos de deriva o en cavidades superconductoras. Sus principales componentes son una fuente de

iones de alta potencia, un sistema de transporte de haz a baja energía desde la fuente de iones hasta la primera cavidad de radiofrecuencias, un cuadrupolo de radiofrecuencias capaz de enfocar y acelerar el haz hasta 3 MeV, un chopper electromagnético con tiempos de switch < 2 ns, y un conjunto de diagnósticos y sistemas de control.

Este plan de actividades es enormemente ambicioso, intenso y extenso en el tiempo. Su desarrollo completo impulsaría de forma muy importante las competencias locales en ciencia y tecnología de aceleradores y significaría poder estar presente en el contexto internacional en un ámbito particularmente activo y atractivo, tanto a nivel de ciencia básica como de desarrollo tecnológico de alto nivel. En particular la construcción exitosa del **Front End, un acelerador de protones compacto, abarcable y polivalente**, tiene enormes potencialidades de desarrollo duradero en muy variados ámbitos:

- Espectroscopía Neutrónica: como primera fase de aceleración en una Fuente de Neutrones por Espalación [8].
- Física de Partículas: como primera fase de aceleración en una instalación para producción masiva de Neutrinos [9].
- Medicina: como primera fase de aceleración en un acelerador para terapias contra el cáncer mediante protones [10].

La dificultad tecnológica de estos desarrollos es máxima, implica un gran esfuerzo investigador, de desarrollo y de coordinación de equipos, y por tanto requiere claramente tanto apropiada cobertura física como jurídico-administrativa. Se estima que el mecanismo más adecuado para conseguir esta cobertura es la transformación de la actual Unidad Asociada en una entidad jurídicamente más robusta y reconocida como es un Centro Mixto CSIC-UPV/EHU, al que habría que dotar además de espacios adecuados para desarrollarse apropiadamente. Actualmente existe una inmejorable oportunidad para acometer esta tarea, aprovechando la reciente transformación del CSIC en Agencia Estatal lo que permite eliminar antiguas rigideces en la colaboración con la empresa privada, y la existencia de sobrados espacios adecuados previstos en el Plan Director de Desarrollo del Campus de Leioa de la UPV/EHU [7].

4. Principales agentes colaboradores

La Unidad Asociada ha ido desarrollando su actividad colaborando con diversos Centros Tecnológicos, Universidades, Empresas y Grandes Instalaciones Científicas. Las iniciativas y Plan de Trabajo para el Centro Mixto CSIC-UPV/EHU que se han presentado en las secciones anteriores se pretenden llevar a cabo mediante la acción conjunta y coordinada de muchos agentes además del propio Centro Mixto, entre los que cabe destacar:

- Fundación Tekniker [3]: Centro Tecnológico con experiencia contrastada en la realización de instrumentación científica de alta complejidad en el entorno de la muestra a ensayar. Ha completado realizaciones para diversos centros como ILL (monocromador, analizador, protecciones) e ISIS (tanque de vacío LET).

- Added-Value Solutions (AVS) [4]: Ingeniería con experiencia contrastada en la realización de instrumentación científica de alta complejidad en el entorno de muestra con clientes como ILL e ISIS.
- Elytt Energy [5]: Empresa especializada suministradora de equipos como imanes superconductores, onduladores, dispositivos de extracción, y de elementos correspondientes a la fase de aceleración y guiado del haz para grandes instalaciones como ITER (Cadarache), DESY (Hamburgo), CERN (Ginebra) o ALBA (Barcelona).
- Grupo JEMA [6]: Empresa especializada en proporcionar soluciones de electrónica de potencia a la industria y a grandes instalaciones científicas como ITER (Cadarache) y GSI (Darmstadt).
- Depto. de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos de la UPV/EHU: Agrupa a especialistas tecnologías de blanco en fuentes de neutrones, incluyendo diseño de nuevas alternativas o simulación y atenuación de ondas de choque.
- Fuente Pulsada de Neutrones y Muones ISIS (Didcot, Oxfordshire): La fuente de neutrones por espalación de referencia en Europa. Da servicio a más de 1600 científicos de todo el mundo que usan neutrones y muones para investigación en Física, Química, Ciencia de Materiales, Geología, Ingeniería o Biología.
- Institut Laue Langevin ILL (Grenoble): La fuente de neutrones más intensa del mundo, dotada de más de 40 grandes instrumentos de altas prestaciones. Da servicio a miles de científicos usuarios de neutrones, provenientes en su mayoría de los once países europeos que financian y mantienen la instalación.

Debe notarse, a la vista del listado anterior, que el equipo agrupado en torno a las actividades investigadoras presentadas integra investigadores, científicos y tecnólogos de muy alto nivel, muchos de ellos líderes internacionales en su ámbito.

5. La fuente de neutrones por espalación

Dada la naturaleza de sus actividades, tan ligadas a las grandes instalaciones científicas europeas, desde la Unidad Asociada y sus socios se han seguido con agrado y mucha atención todas las novedades en torno a la posible construcción en nuestro entorno cercano de una instalación de “gran ciencia”, de naturaleza similar a otras bien conocidas del ámbito europeo o mundial con las que la Unidad Asociada se ha relacionado durante los últimos años.

Así, desde que hace varios años por encargo de la Diputación Foral de Bizkaia (DFB/BFA) un grupo de profesores de la UPV/EHU llevaron a cabo un estudio de viabilidad sobre la construcción de una instalación multipropósito en torno a una Fuente de Neutrones por Espalación a escala regional [11], mucha actividad e interés se ha generado en torno a este tipo de instalaciones, tanto en instancias políticas, científicas, industriales o incluso en el público en general [12]. La decisión posterior de las administraciones central y vasca de optar ante la European Strategy Forum on Research

Infraestructuras (ESFRI) por la localización de la Fuente Europea de Neutrones por Espalación (ESS), en nuestro territorio no ha hecho sino aumentar dicho interés.

Ante las nuevas perspectivas y posibilidades abiertas y para clarificar la estrategia a seguir, la DFB/BFA encargó recientemente un informe a un panel de expertos de larga trayectoria internacional (compuesto por altos responsables científicos de las principales fuentes de neutrones de referencia internacional como SNS en EEUU, J-PARC en Japón o ISIS en el Reino Unido). Dicho informe, presentado en Bilbao en Diciembre de 2006, analizaba exhaustivamente las posibilidades abiertas y realizaba dos recomendaciones principales a las autoridades [13]:

- A medio plazo (dos años) mantener la apuesta por la ESS, mientras se clarifica el complejo panorama en torno a las decisiones sobre su construcción y ubicación.
- A corto plazo (inmediato) **organizar un grupo de trabajo en torno a las tecnologías relevantes** en las fuentes de neutrones, como **aceleración, instrumentación y blanco**, para demostrar capacidad de desarrollo de realizaciones concretas, poder participar en el contexto internacional con grupos de países líderes en capacidades demostradas y ganar credibilidad para la candidatura de ESS-Bilbao.

Aunque el Centro Mixto cuya creación estamos proponiendo y el Laboratorio de Aceleradores e Instrumentación que se prevé construir en el Plan de Actividades tienen pleno sentido de forma independiente a las futuras decisiones que se tomen en torno a la construcción o no de una Fuente de Neutrones por Espalación en nuestro territorio, resulta muy remarcable el hecho de que nuestro grupo de trabajo encaja a la perfección en la segunda de las recomendaciones del panel de expertos internacional, y que se trata del **único grupo de estas características a nivel estatal**. Creemos que la necesidad de ganar credibilidad para la candidatura ESS-Bilbao refuerza con un argumento de peso adicional la pertinencia de las acciones que estamos proponiendo en torno a la reconversión de la actual Unidad Asociada en Centro Mixto y a la construcción de un Laboratorio de Aceleradores e Instrumentación en locales apropiados.

6. Denominación del Centro Mixto

El Centro Mixto que se propone tiene naturaleza científica, aplicada y tecnológica, y cuenta con una indudable vocación colaborativa con la industria. Además sería fruto de los esfuerzos conjuntos de la UPV/EHU y del CSIC, con el concurso imprescindible de Centros Tecnológicos, Empresas y Grandes Instalaciones Científicas.

Las características anteriores se agrupan con singular precisión en la figura del ilustre y polifacético investigador vasco Manuel Laborde Werlinden (1899-1993), en cuya trayectoria se encuentran tempranas colaboraciones entre la Universidad Vasca y el CSIC en los comienzos del desarrollo de la ciencia de materiales o la tecnología nuclear. Entre otras cosas Manuel Laborde fue miembro de la Comisión Ejecutiva del Departamento de Tecnología Nuclear de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Bilbao, así como del Consejo Técnico del Instituto Lucas Mallada de investigaciones

geológicas del CSIC [14]. Su incansable actividad tanto investigadora como industrial le llevó además a cofundar la Sociedad de Ciencias Aranzadi [15] y a presidir el Departamento de Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas de Eusko Ikaskuntza/Sociedad de Estudios Vascos.

Su vocación industrial le llevó a fundar en los años 20 y 30 del siglo XX varias empresas familiares metalúrgicas con sus hermanos. Desde los edificios que albergaban a las fábricas, diseñados por los propios fundadores (hoy conservados en Andoain como patrimonio de singular arquitectura racionalista industrial), hasta el énfasis que en el devenir diario de las empresas se daba a aspectos poco valorados en la época, como por ejemplo la formación continua del personal, son exponentes de una gestión empresarial ejemplar.

Ya en 2001 la UPV/EHU mediante la iniciativa *Entreprenari* pensó en la figura de Manuel Laborde para dar nombre a los premios anuales concedidos por la institución académica a ideas e iniciativas empresariales innovadoras en el ámbito universitario [14]. En concordancia con la naturaleza y localización del Centro Mixto, su vinculación con la UPV/EHU y el CSIC, su vocación investigadora, científica, aplicada, tecnológica, innovadora y colaborativa con la industria, proponemos su denominación como Centro de Física Aplicable **“Manuel Laborde Werlinden”**.

7. Esquema de las instalaciones

El Centro Mixto necesita de locales apropiados para poder llevar adelante su Plan científico de actividades, gran parte del cual gira en torno al Laboratorio de Aceleradores e Instrumentación que se ha presentado en las secciones precedentes. Dicho Laboratorio requiere un volumen considerable para poder operar con comodidad y seguridad, y debería situarse en una pequeña nave industrial preparada para recibir suministro eléctrico de alta tensión. Además ciertos equipos deberían estar apantallados contra la radiación y debería existir un protocolo de control radiológico, similar el existente en instalaciones de rayos X.

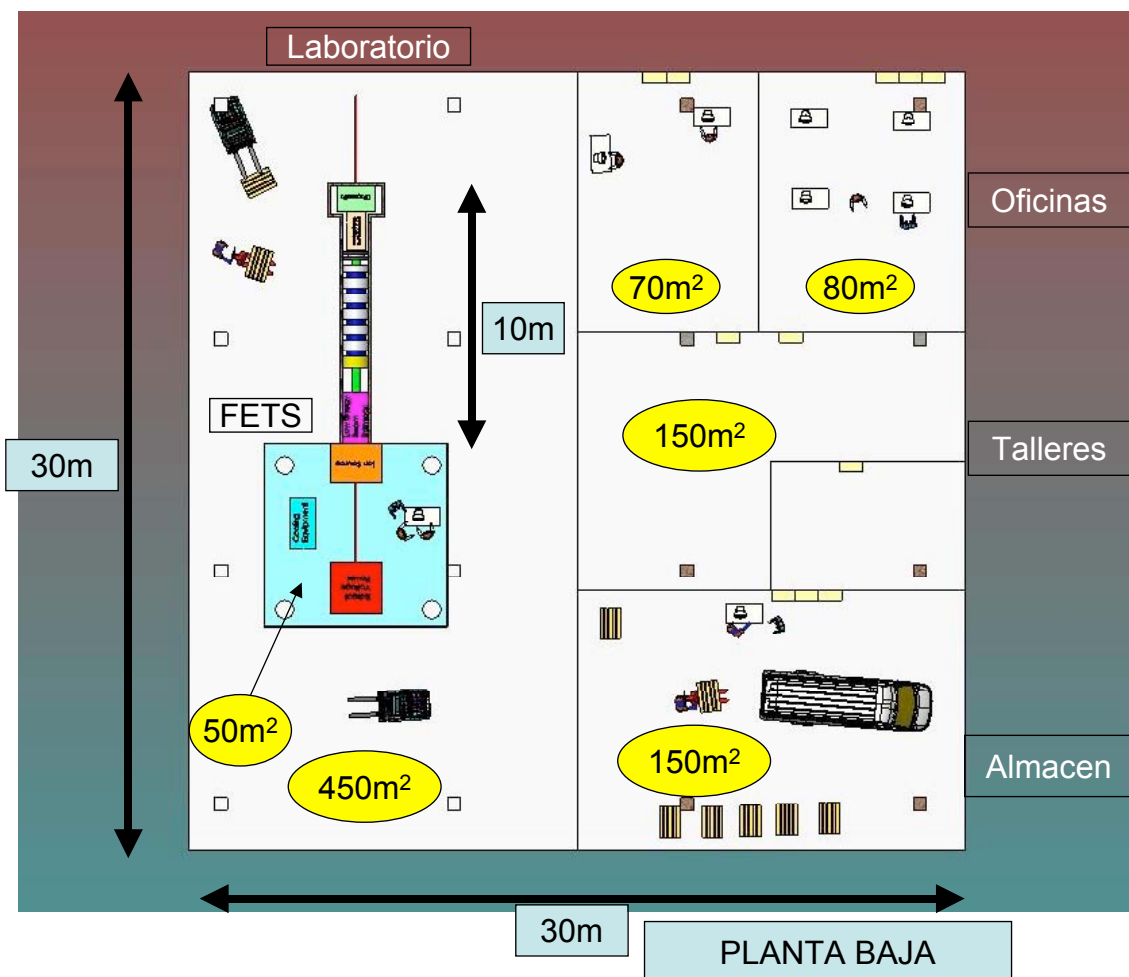
Las necesidades principales de locales para ubicar el Centro y el Laboratorio serían:

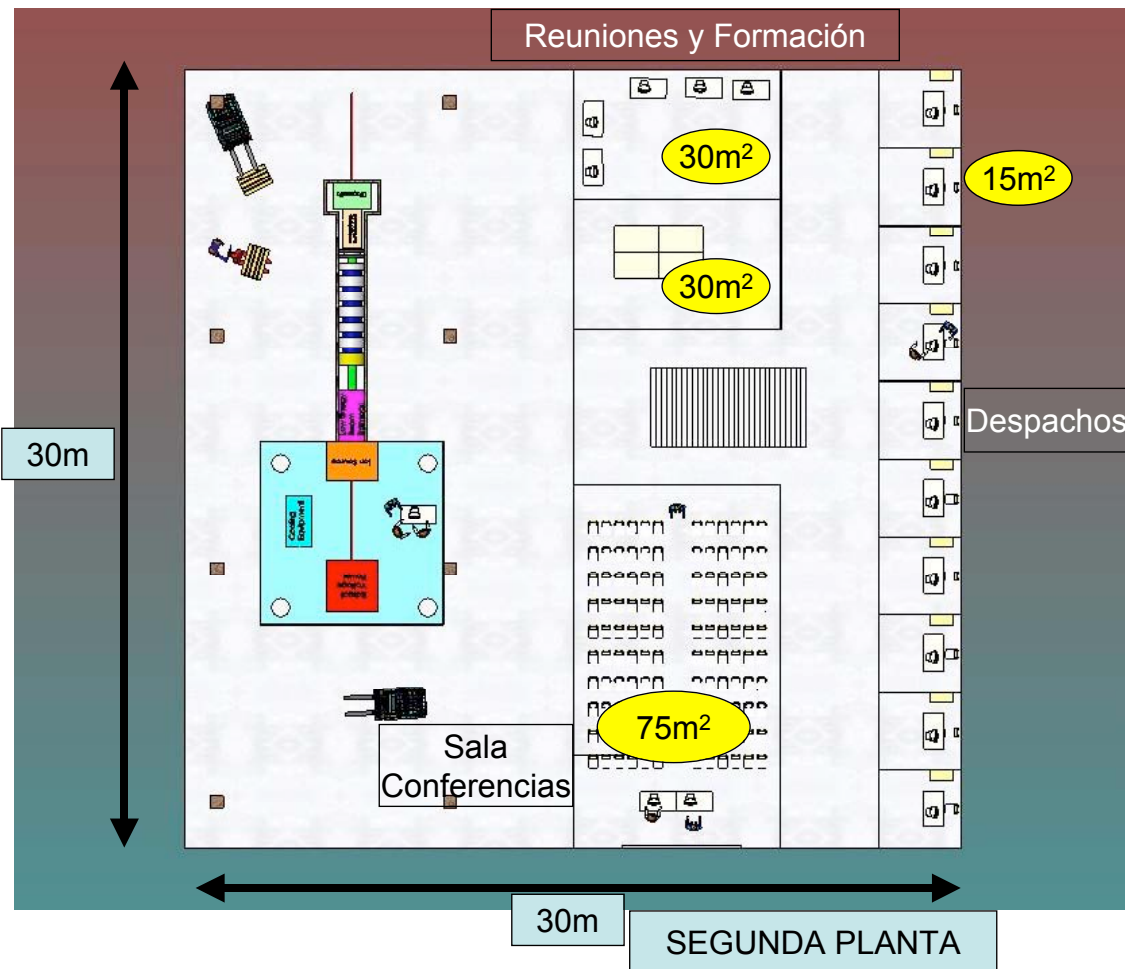
- Una planta baja de unos 30m por 30m, para la nave industrial y los talleres, almacenes y oficinas anexas. Se puede estimar que la nave industrial (de doble altura) ocuparía la mitad de la superficie de esta planta baja, y los talleres, almacenes y oficinas (de altura simple) la otra mitad.
- Una segunda planta (de altura simple) construida sobre los talleres y oficinas de la planta baja, para despachos, seminarios y salas de reuniones. Se estima que las instalaciones deberían poder acoger a unas 30-40 personas.

La ubicación del acelerador de protones Front-End que se ha descrito en la sección 3 ocuparía buena parte de la nave industrial cuando se completase. Sería importante poder contar con espacio libre fuera de la nave en la línea del haz del acelerador, tanto para posibles ampliaciones (mediante instalación de etapas adicionales de aceleración, por ejemplo para usos médicos del Front-End) como por seguridad.

Las dimensiones del Front End requieren mínimamente una cabina de unos 50 metros cuadrados para la ubicación de equipos de alta tensión, de refrigeración y la fuente de iones, seguidos de un túnel de unos 10 metros de largo por 1 metro de ancho que marcaría la línea del haz, en donde se ubicarían las distintas etapas de aceleración y los instrumentos de diagnóstico. La cabina y el túnel deben ir apantalladas. Debe además indicarse que las necesidades de potencia eléctrica para el Laboratorio a pleno rendimiento estarían en torno a los 2 MW, lo cual requeriría probablemente la ampliación de la subestación eléctrica que Iberdrola tiene situada junto al Campus de Leioa.

A continuación se presentan unos esbozos de las dos plantas descritas, con dimensiones aproximadas 30m por 30m. Para mejor comprensión del esquema se incluye el acelerador Front-End (FETS) montado en la nave industrial.





En el Anexo final a este documento se muestran diversas vistas tridimensionales de las instalaciones que se proponen.

8. Conclusiones

En este documento se han expuesto las razones principales por las que se considera pertinente y beneficiosa la creación del Centro Mixto CSIC-UPV/EHU de Física Aplicable “Manuel Laborde Werlinden”, mediante la transformación de la Unidad Asociada CSIC-UPV/EHU de Investigación en Física Aplicable actualmente existente en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU.

Se han descrito brevemente las actividades investigadoras realizadas hasta ahora por la Unidad Asociada, fundamentalmente ligadas al diseño y suministro de instrumentación avanzada de última generación para grandes instalaciones científicas europeas de referencia, como por ejemplo la Fuente Pulsada de Neutrones y Muones ISIS, o el Institut Laue Langevin ILL. Se ha comprobado que todo este esfuerzo investigador ha resultado tener un fuerte acoplamiento con nuestro sector industrial de alta tecnología, lo que ha supuesto un importante impulso para diversos Centros Tecnológicos y Empresas, y un excelente ejemplo de auténtica colaboración entre el ámbito académico de investigación y el industrial.

Se ha presentado un Plan Científico de Actividades para el Centro Mixto para los próximos años, en el que juega un papel central la creación de un Laboratorio de Aceleradores e Instrumentación, instalación que supone un reto científico y tecnológico de primera magnitud, para cuya resolución se cuenta con un equipo de colaboradores de capacidad contrastada, que agrupa a Centros Tecnológicos, Empresas y Grandes Instalaciones Científicas, además de a las dos instituciones académicas de investigación (CSIC-UPV/EHU) implicadas directamente en el Centro. Se han argumentado los beneficios que tanto desde el punto de vista científico, tecnológico o industrial tiene el citado Plan de Actividades, en el que se incluye la construcción de un acelerador de protones compacto, abarcable y polivalente, con enormes potencialidades de desarrollo duradero en ámbitos tan diversos como la espectroscopía neutrónica, la física de partículas o la medicina.

Como argumento de peso adicional en pro de la creación del Centro Mixto CSIC-UPV/EHU que nos ocupa, se ha concluido también que las actividades en torno a tecnologías de aceleradores o instrumentación que se desarrollan en su seno son, a juicio de un panel de expertos de máxima cualificación internacional, condición indispensable para ganar credibilidad internacional, y fortalecer sensiblemente la candidatura ESS-Bilbao para albergar en nuestro territorio la futura Fuente Europea de Neutrones por Espalación.

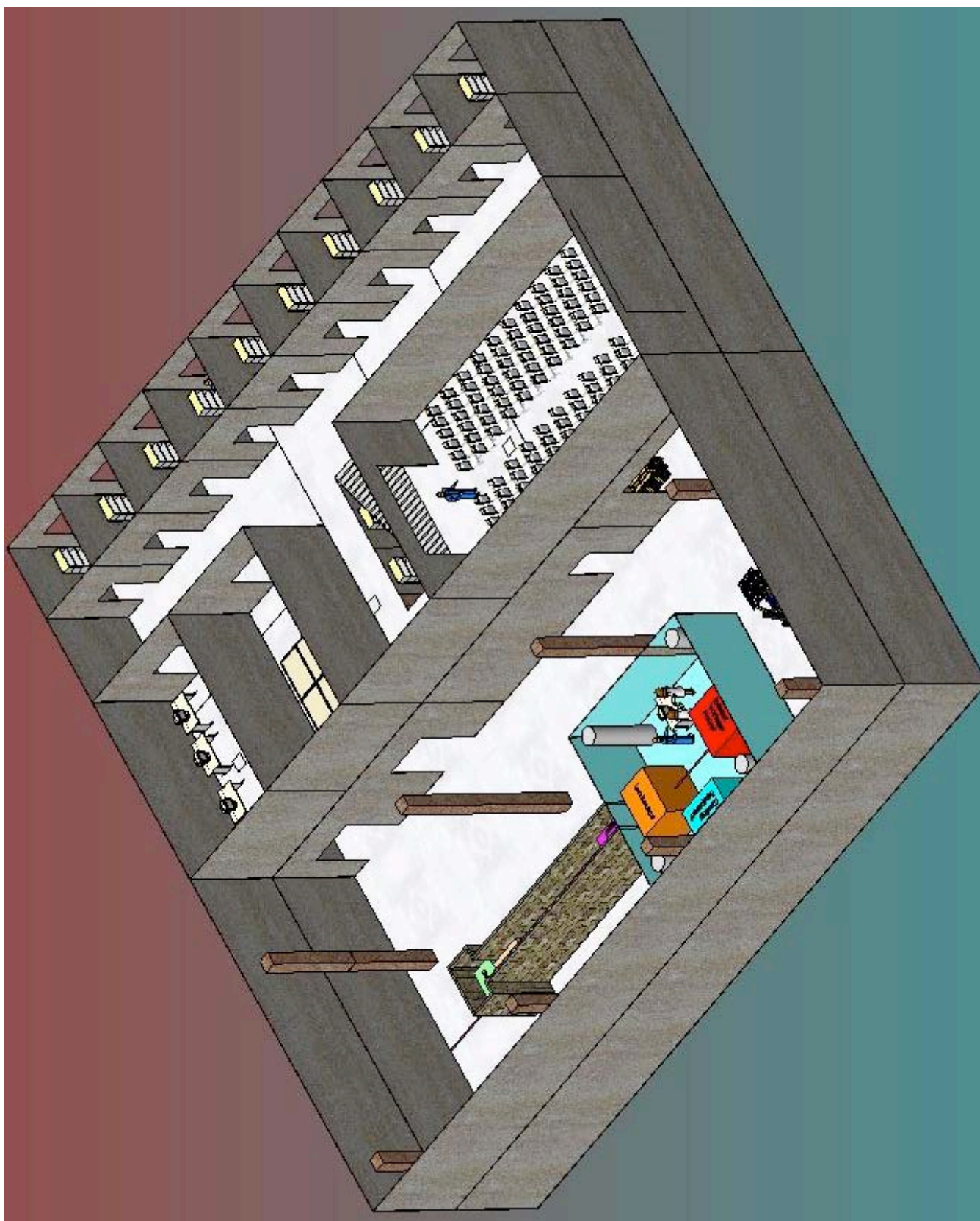
Finalmente, se ha constatado que el momento actual parece ser óptimo para la creación del Centro Mixto, al concurrir varias circunstancias favorables, como la reciente transformación del CSIC en Agencia Estatal lo que permite eliminar antiguas rigideces en la colaboración con la empresa privada, o la puesta en marcha del Plan Director de Desarrollo del Campus de Leioa de la UPV/EHU que prevé nuevos espacios perfectamente adecuados para ubicar las instalaciones que acogerían al Centro Mixto propuesto y su Laboratorio de Aceleradores e Instrumentación. Para concluir, se han esbozado las características principales que deberían tener dichas instalaciones y sus requerimientos esenciales de protección y de suministro eléctrico.

9. Referencias

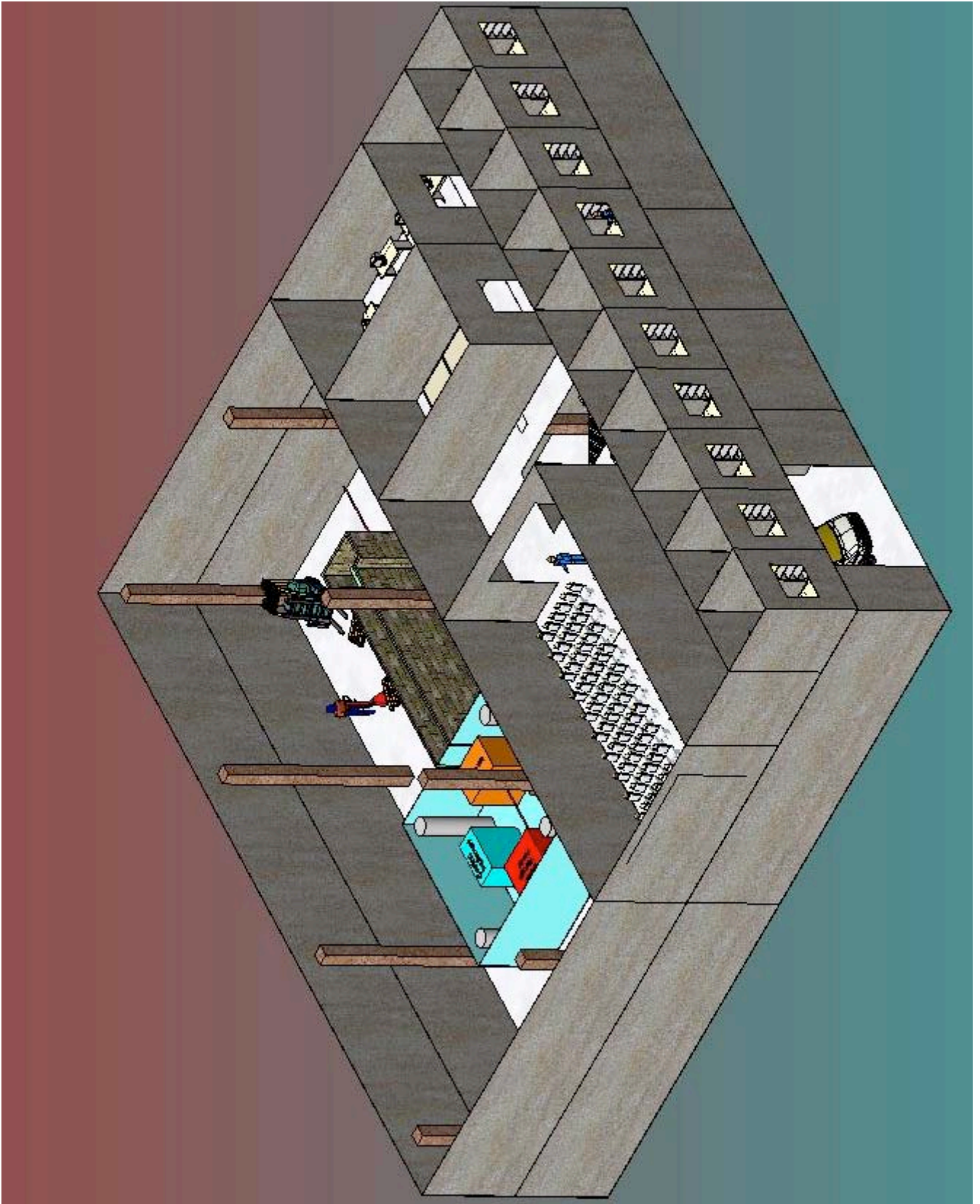
- [1] Ampliación (Target Station 2) de la Fuente Pulsada de Neutrones y Muones ISIS (Reino Unido) <http://www.isis.rl.ac.uk/targetstation2/>
- [2] Espectrómetro de tres ejes IN8c del Institut Laue Langevin ILL (Francia) <http://www.ill.fr/YellowBook/IN8/>
- [3] Fundación Tekniker, Centro Tecnológico: <http://www.tekniker.es/>
- [4] Added-Value Solutions (AVS): <http://www.a-v-s.es/>
- [5] Elytt Energy: <http://www.elytt.com/>
- [6] Grupo JEMA: <http://www.grupojema.com/>
- [7] Plan de Desarrollo del Campus de Bizkaia de la UPV/EHU 2005/2010: http://www.bizkaia.ehu.es:80/p009-8861/es/contenidos/informe_estudio/plan_desarrollo/es_desarrol/plan.html#
- [8] Desarrollo del Front-End de la Spallation Neutron Source (SNS) norteamericana: <http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/AFRD-SNS-first-stage.html/>

- [9] Desarrollo del Proton Driver Front End en la UK Neutrino Factory:
<http://hepunx.rl.ac.uk/uknf/wp2/>
- [10] Terapia con protones en el laboratorio nacional de física nuclear y de partículas TRIUMF de Canada: http://www.triumf.ca/welcome/proton_thrpy.html
- [11] F. Legarda, M. Tello y F. Albisu (2005) Fuente de neutrones por espalación en el País Vasco: estudio conceptual.
- [12] El Correo Digital 17-10-2006:
http://www.elcorreodigital.com/alava/prensa/20061017/portada_ala/gobiernos-central-vasco-crean_20061017.html
- [13] I.S. Anderson, M. Arai, F. Mezei, D.L. Price and A.D. Taylor (2006) Report of the international expert panel on the Basque Country Spallation Neutron Source.
- [14] Entreprenari: Biografía de Manuel Laborde Werlinden y Premios a iniciativas innovadoras: <http://www.entreprenari.com/html/cast/premios/mlaborde3.htm>
- [15] Sociedad de Ciencias Aranzadi: Biografía de Manuel Laborde Werlinden:
<http://www.aranzadi-zientziak.org/index.php?id=779>

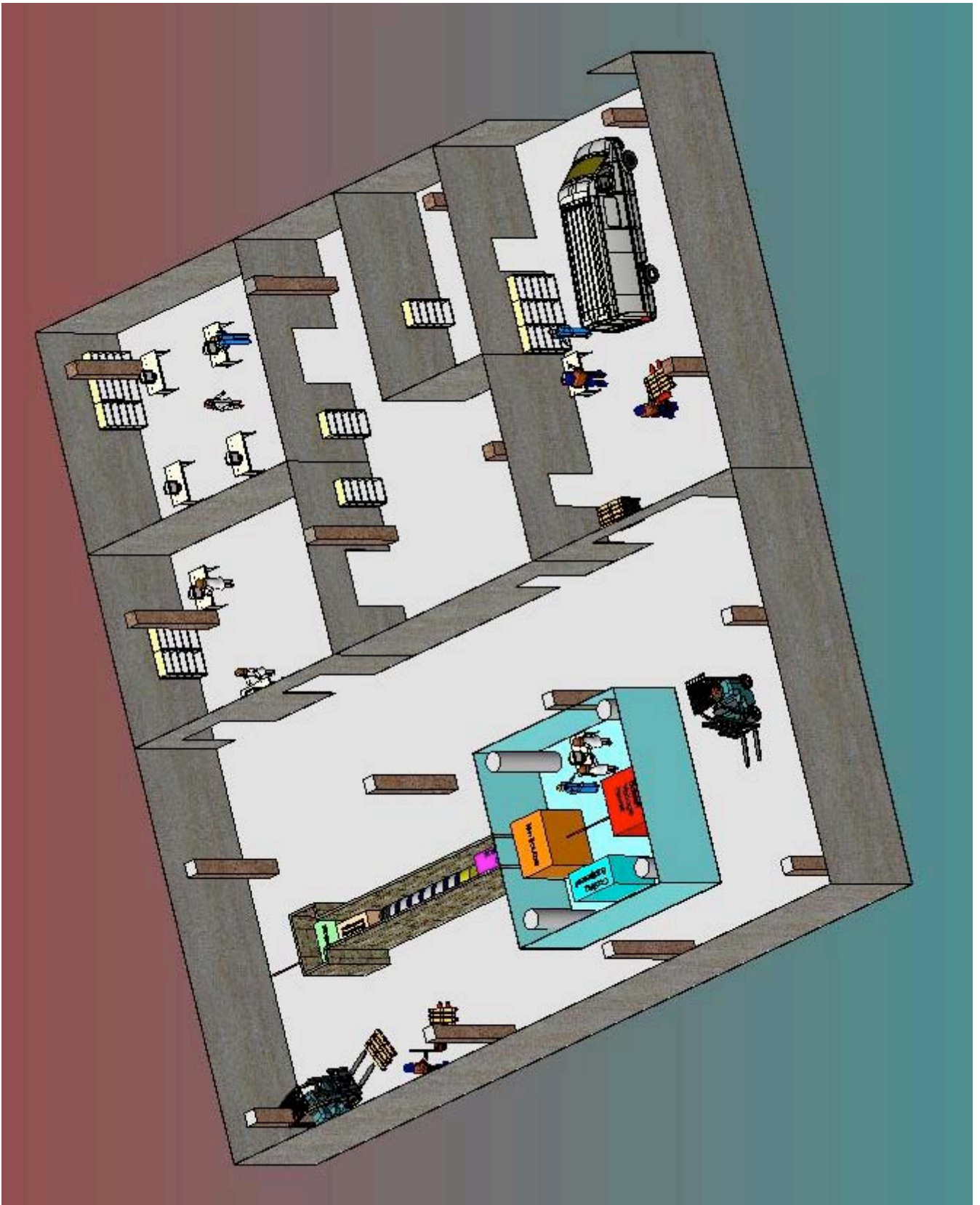
Anexo: Vistas 3D de las instalaciones propuestas



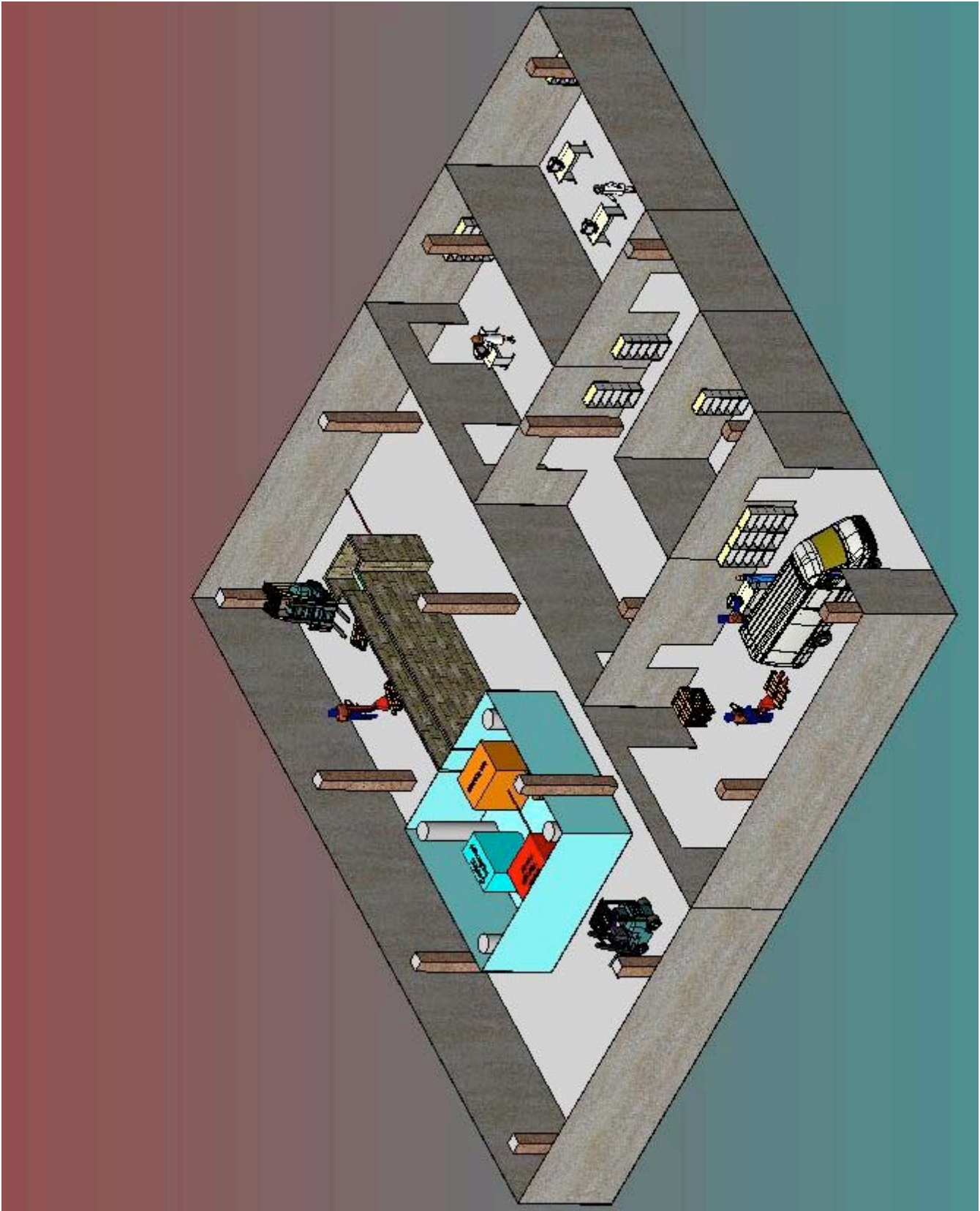
VISTA DE CONJUNTO I



VISTA DE CONJUNTO II



PLANTA BAJA I



PLANTA BAJA II