

**S.I.G.I.E**

Chronos

Ingeniería de software

Rol	Apellido	Nombre	Cédula Identidad	Email	Tel./Cel.
Coordinador	Chapuis	Juan	5.630.283-4	jchapolis@scuolaitaliana.edu.uy	0988440431
Sub-Coordinador	Roizen	Agustin	6.339.592-9	aroizen@scuolaitaliana.edu.uy	097259510
Integrante	Marino	Bruno	5.707.620-6	bmarino@scuolaitaliana.edu.uy	092617596

Docente: Barrios, Christian

Fecha de entrega: 03/11/2025

**Tercera Entrega**



<b>1. Inicio y Organización del Proyecto.....</b>	<b>4</b>
1.1 Paradigmas organizacionales.....	4
1.1.1 Estructura del equipo.....	4
1.1.1 Equipo multifuncional.....	4
1.1.2 Asignación de roles.....	4
1.2 Metodología Ágil.....	5
<b>2. Relevamiento y Análisis Inicial.....</b>	<b>5</b>
2.1 Técnicas de relevamiento.....	5
2.1.1 Justificación de las técnicas elegidas.....	5
2.1.2 Modelos (plantillas) de formularios/guías.....	6
2.1.3 Resultados crudos de las técnicas utilizadas.....	6
2.2 Stakeholders del Sistema.....	6
<b>3. Documento de Especificación de Requerimientos (ESRE).....</b>	<b>7</b>
3.1 Propósito y Alcance del Software.....	7
3.2 Perspectiva del Producto.....	7
3.3. Funciones Específicas.....	8
3.3.1 Funciones Esperables.....	8
3.3.2. Funciones Futuras.....	8
3.4. Requerimientos Funcionales.....	9
3.4.1 Gestión de Horarios.....	9
3.4.2 Gestión de Docentes y Disponibilidad.....	12
3.4.3 Administración de Usuarios y Permisos.....	15
3.4.4 Interfaz de Usuario.....	17
3.4.4.1 Requerimientos Generales de la Interfaz.....	17
3.4.4.3 Requerimientos de Navegación y Menús.....	19
3.4.4.4 Requerimientos de Formularios y Validación.....	19
3.4.4.5 Requerimientos de Tablas y Visualización de Datos.....	20
3.4.4.6 Requerimientos de Mensajes y Feedback.....	21
3.4.4.7 Requerimientos Específicos por Rol en la Interfaz.....	21
3.4.4.8 Requerimientos de Gestión de Horarios en la Interfaz.....	22
3.4.4.9 Requerimientos de Acceso y Autenticación.....	23
3.5.5 Requerimientos No Funcionales.....	24
3.6 Interfaces externas.....	29
3.7 Supuestos y Dependencias.....	30
3.7.1 Supuestos.....	30
3.7.2 Dependencias.....	31
3.8 Verificación de Requisitos.....	31
3.9 Apéndices/Anexos.....	31
<b>4. Estudio de Factibilidad, Costos y Estimación del Proyecto.....</b>	<b>33</b>
4.1. Estudio de Factibilidad.....	33
4.2. Análisis Costo-Beneficio.....	33
4.2.1. Objetivos y Beneficios.....	33
4.2.2. Método CTP.....	33



4.2.3. Métodos de Evaluación Económica.....	33
4.3. Métricas de Estimación y Productividad.....	33
4.3.1. Puntos de Función.....	33
4.3.2. Modelo COCOMO II.....	33
<b>5. Arquitectura y Plataforma Técnica.....</b>	<b>34</b>
5.1. Arquitectura del Modelo y Stack Tecnológico.....	34
5.1.1 Stack Tecnológico.....	34
5.1.2 Arquitectura del Modelo.....	34
5.1.3 Sistema de Autenticación y Autorización.....	35
5.1.4 Monitoreo y Observabilidad.....	35
5.1.5 Despliegue y DevOps.....	36
5.2. Especificación de Procesos (Diagrama Nassi-Schneiderman).....	36
<b>6. Modelo Esencial.....</b>	<b>36</b>
6.1. Entidades Principales y Relaciones Clave.....	36
<b>7. Plan de contingencias.....</b>	<b>39</b>
Tabla de Riesgos.....	39
Plan de Contingencia.....	44
<b>8. Matriz FODA.....</b>	<b>47</b>
<b>9. Diagramas UML.....</b>	<b>49</b>
9.1. Diagrama de Estado.....	49
9.1.1 Estados de Autenticación de Usuario.....	49
9.1.2 Estados de Asignación de Horarios.....	50
9.1.3 Estados de Detección de Conflictos.....	51
9.1.4 Estados de Navegación Basada en Roles.....	52
9.1.5 Estados del Flujo de Trabajo de Gestión de Horarios.....	52
9.2. Diagrama de Clases.....	53
9.3. Diagramas de Interacción (Secuencia).....	54
9.4. Diagrama de Casos de Uso.....	54
<b>10. Anexos.....</b>	<b>61</b>
10.1 Git.....	61



# 1. Inicio y Organización del Proyecto

## 1.1 Paradigmas organizacionales

El proyecto se gestionará mediante un enfoque organizacional basado en equipos ágiles. Se puede considerar este enfoque dentro de los paradigmas de Mantei (Descentralizado democrático, Descentralizado controlado, Centralizado controlado) o Constantine (Abierto, Cerrado, Aleatorio, Síncrono).

### 1.1.1 Estructura del equipo

El equipo es multifuncional, compuesto por desarrolladores y diseñadores. El equipo será autoorganizado, tomando decisiones colectivas sobre la implementación técnica.

### 1.1.2 Asignación de roles

Rol	Info	Asignación
Product Owner	Responsable de gestionar el backlog, priorizar tareas y asegurar que el sistema cumpla con las necesidades de la institución.	Asignado a Juan Diego Chapuis
Kanban Facilitator	Facilita el proceso Kanban, elimina obstáculos y asegura el flujo continuo del trabajo	Asignado a Agustín Roizen
Equipo de Desarrollo	Encargado de implementar las funcionalidades, moviendo tareas a través del tablero Kanban	Asignados Juan Diego Chapuis, Agustín Roizen y Bruno Marino



## 1.2 Metodología Ágil

El proyecto adopta Kanban. Esta elección se justifica por su alta capacidad para proyectos con requisitos cambiantes y plazos ajustados. Kanban organiza el trabajo en un flujo continuo, visualizando tareas en un tablero, limitando el trabajo en progreso (WIP) y promoviendo la mejora continua. La implementación se realiza utilizando la herramienta Jira de Atlassian.

## 2. Relevamiento y Análisis Inicial

### 2.1 Técnicas de relevamiento

Se seleccionaron tres técnicas complementarias para la captura integral de requisitos.

#### 2.1.1 Justificación de las técnicas elegidas

Técnica	Justificación
Entrevistas semi estructuradas	Permiten profundizar en procesos complejos (ej., reglas de distribución horaria, coordinaciones) y capturar narrativas de usuarios clave (coordinadores y administradores).
Cuestionarios digitales	Son eficientes y escalables para recolectar datos estandarizados de docentes (disponibilidad horaria, asignaturas, restricciones laborales).
Análisis documental	Necesario para validar reglas normativas como las pautas ANEP y las distribuciones de carga horaria.



### 2.1.2 Modelos (plantillas) de formularios/guías

Las guías de relevamiento deben abordar:

1. Reglas de distribución (ej., excepciones a pautas de inspección, ubicación de materias italianas en grupos mixtos).
2. Criterios de ordenamiento de docentes (Prioridad 1 por trabajo en otro liceo, Prioridad 2 por porcentaje de margen bajo).
3. Proceso de asignación docente: ¿Quién define "qué docente va a cada grupo"?

### 2.1.3 Resultados crudos de las técnicas utilizadas

1. Prioridad de filtrado: Docentes con trabajo en otro liceo tienen Prioridad 1. Un porcentaje de margen de disponibilidad menor al 30% se considera de alta prioridad.
2. Reglas horarias: Educación Física debe asignarse SIEMPRE en horas finales.
3. Asignación: La Dirección asigna grupos/materias, mientras que los docentes solo eligen asignaturas.

## 2.2 Stakeholders del Sistema

Los actores externos (o entidades externas) que interactúan con el sistema incluyen:

1. Administradores del Sistema: Responsables de la configuración, mantenimiento y seguridad global.
2. Dirección del Liceo: Publica horarios y toma decisiones estratégicas.
3. Coordinadores Académicos: Generan y editan horarios, gestionan disponibilidad y asignaciones.
4. Docentes: Registran disponibilidad y consultan horarios.
5. Padres: Consultan horarios de sus hijos.
6. ANEP (Inspección Educativa): Actor externo que establece pautas de distribución horaria que el sistema debe cumplir.



## 3. Documento de Especificación de Requerimientos (ESRE)

### 3.1 Propósito y Alcance del Software

El presente documento, la Especificación de Requerimientos de Software (ESRE), tiene como propósito describir de manera clara, precisa y verificable todas las funciones y restricciones del sistema web de gestión de horarios escolares antes de que comience su programación o diseño. Este documento funcionará como contrato de software y servirá como base para las fases de diseño, desarrollo, prueba y mantenimiento, permitiendo minimizar errores de interpretación y evitando costos futuros.

El alcance de este software se centra en proveer una plataforma web para la gestión integral de horarios docentes y restricciones educativas dentro de una institución escolar. Incluirá la generación automática de horarios basada en un algoritmo de restricciones, la edición manual de los horarios generados, y la visualización de los mismos para diferentes perfiles de usuario. El sistema busca optimizar el proceso de creación de horarios, facilitar el seguimiento de las funcionalidades y adaptarse a las necesidades de disponibilidad docente y las pautas educativas específicas.

### 3.2 Perspectiva del Producto

El sistema es una aplicación web independiente diseñada para gestionar y optimizar la asignación de franjas horarias a docentes y asignaturas en el Liceo Italiano, considerando restricciones como disponibilidad docente, asignaturas impartidas y horas semanales requeridas. Operará como una herramienta central para la coordinación académica, integrándose con procesos existentes como la recolección de aspiraciones horarias de docentes y la asignación de grupos y materias por la dirección. Su interfaz facilitará la interacción de administradores, dirección, coordinadores, docentes y padres.



### 3.3. Funciones Específicas

#### 3.3.1 Funciones Esperables

Esta sección describe brevemente las capacidades actuales del sistema, detalladas como requerimientos funcionales en la sección 4.

1. Gestión de Horarios: Generación automática y edición manual de horarios basados en restricciones.
2. Gestión de Docentes y Disponibilidad: Registro y visualización de aspiraciones horarias de docentes.
3. Gestión de Usuarios y Roles: Soporte para roles con permisos específicos.
4. Interfaz de Usuario: Acceso y manipulación de datos para todos los roles.

#### 3.3.2. Funciones Futuras

FF01	El sistema debe permitir la exportación de horarios en formatos PDF y Excel para distribución externa.
FF02	El sistema debe integrar notificaciones por correo electrónico para informar a docentes y padres sobre cambios en los horarios.
FF03	El sistema debe implementar autenticación de dos factores (2FA) para roles administrativos.
FF04	El sistema debe proporcionar una API REST para integración con sistemas externos.
FF05	El sistema debe soportar múltiples instituciones (multi-tenancy) en una sola instalación.





FF06	El sistema debe implementar un sistema de backup automático con rotación de 30 días.
FF07	El sistema debe proporcionar un dashboard de métricas y estadísticas en tiempo real.
FF08	El sistema debe implementar un sistema de auditoría completo para todas las operaciones críticas.

### 3.4. Requerimientos Funcionales

#### 3.4.1 Gestión de Horarios

RF001	El sistema debe verificar todos los grupos y docentes considerando las restricciones de disponibilidad docente, las asignaturas impartidas y las reglas de distribución ANEP, garantizando que cada docente tenga asignaciones compatibles con su disponibilidad registrada.
RF002	El sistema debe aplicar las reglas de distribución de horas al generar los horarios, distribuyendo las materias con 1-2 horas semanales en máximo 2 días, las materias con 3-4 horas semanales en máximo 3 días, y las materias con 5 o más horas semanales en máximo 4 días, registrando cada asignación con su justificación correspondiente.



RF003	El sistema debe permitir al coordinador editar manualmente los horarios generados mediante una interfaz de calendario semanal.
RF004	El sistema debe permitir al usuario seleccionar, al crear o modificar una materia, cuál de las pautas de inspección específicas de ANEP aplica desde una lista predefinida.
RF005	El sistema debe permitir al usuario seleccionar si una materia se impartirá en conjunto con otra mediante un campo booleano.
RF006	El sistema debe solicitar al usuario el grupo con el que se compartirá la materia cuando se seleccione que se impartirá en conjunto.
RF007	El sistema debe permitir a usuarios autorizados (coordinador, administrador) crear los horarios mediante un botón en la interfaz.



RF009	El sistema debe permitir a usuarios autorizados consultar (ver) los horarios en formato tabular.
RF010	El sistema debe permitir a usuarios autorizados eliminar horarios obsoletos o incorrectos previa confirmación.
RF011	El sistema debe detectar automáticamente conflictos de horario (docente doble asignado) y mostrarlos con códigos de color (rojo: crítico, amarillo: advertencia).
RF012	El sistema debe permitir resolución manual de conflictos de horarios.

### 3.4.2 Gestión de Docentes y Disponibilidad

RF016	El sistema debe permitir al docente registrar las asignaturas que imparte seleccionando de una lista predefinida.
-------	---



RF018	El sistema debe permitir al docente registrar sus franjas horarias disponibles para cada día de lunes a viernes mediante un calendario interactivo.
RF019	El sistema debe permitir al docente indicar si trabaja en otros liceos mediante un campo booleano.
RF020	El sistema debe permitir al docente registrar el nombre de cada liceo en el que trabaja cuando la opción anterior esté marcada como verdadera.
RF021	El sistema debe registrar automáticamente la fecha de envío de las aspiraciones horarias de cada docente con timestamp preciso.
RF022	El sistema debe calcular el porcentaje de margen de cada docente como la relación entre horas disponibles y horas asignadas, mostrando el resultado con dos decimales.
RF023	El sistema debe mostrar el porcentaje de margen de cada docente en la lista de docentes.
RF024	El sistema debe permitir filtrar la lista de docentes según el número de observaciones registradas (0, 1-2, 3-5, 6+).
RF025	El sistema debe permitir ordenar la lista de docentes según su prioridad, determinada por si trabaja en otro liceo o por su porcentaje de margen.



RF026	El sistema debe permitir al docente seleccionar observaciones predefinidas sobre su disponibilidad desde una lista desplegable.
RF027	El sistema debe permitir al docente describir el motivo de sus observaciones en un campo de texto libre de máximo 500 caracteres.
RF028	El sistema debe mostrar simultáneamente, para cada docente, el porcentaje de margen, las observaciones y los motivos registrados en una vista consolidada.
RF029	El sistema debe permitir visualizar la carga horaria total de todas las materias de un docente seleccionado en horas.
RF030	El sistema debe permitir visualizar, para cada grupo, los docentes asignados, las materias que imparten y la carga horaria correspondiente en formato tabular.
RF031	El sistema debe permitir a usuarios autorizados modificar los datos de un docente mediante formularios de edición.
RF033	El sistema debe permitir al docente visualizar su disponibilidad horaria sin la posibilidad de gestionarla directamente, si así está definido en su rol.
RF034	El sistema debe incluir siempre una observación predefinida llamada "Otro", que permita al docente especificar texto libre al seleccionarla.



RF035	El sistema debe incluir siempre una observación predefinida llamada "Otro Liceo", que permita al docente especificar el nombre de los liceos correspondientes al seleccionarla.
RF036	El sistema debe permitir al rol Coordinador crear nuevas observaciones predefinidas mediante un formulario de gestión.
RF037	El sistema debe permitir al rol Coordinador leer el listado completo de observaciones predefinidas en formato tabular.
RF038	El sistema debe permitir al rol Coordinador actualizar el texto de observaciones predefinidas existentes mediante formularios de edición.
RF039	El sistema debe permitir al rol Coordinador eliminar observaciones predefinidas, excepto las observaciones "Otro" y "Otro Liceo", previa confirmación.
RF040	El sistema debe registrar constancias de trabajo en otra institución para docentes con más de 16 horas asignadas, generando un documento PDF con la información del docente.
RF041	El sistema debe registrar constancias de actividades justificadas para docentes con más de 16 horas asignadas, generando un documento PDF con la información del docente.

### 3.4.3 Administración de Usuarios y Permisos



RF042	El sistema debe soportar los roles de usuario: Administrador, Dirección, Coordinador, Docente y Padre.
RF043	El sistema debe permitir al rol Dirección añadir nuevos docentes mediante un formulario de registro.
RF044	El sistema debe permitir al rol Dirección añadir nuevas materias mediante un formulario de registro.
RF045	El sistema debe permitir al rol Dirección publicar los horarios generados mediante un botón de confirmación.
RF047	El sistema debe permitir al rol Coordinador editar horarios mediante una interfaz de calendario semanal.
RF048	El sistema debe permitir al rol Coordinador gestionar la disponibilidad docente mediante formularios de edición.
RF049	El sistema debe asignar roles a los usuarios según su autenticación al ingresar, validando las credenciales contra la base de datos.
RF050	El sistema debe permitir al rol Docente gestionar su propia disponibilidad horaria mediante un calendario interactivo.
RF051	El sistema debe permitir al rol Docente visualizar los horarios publicados en formato tabular.
RF052	El sistema debe permitir al rol Padre visualizar los horarios publicados únicamente para sus hijos mediante un selector de estudiante.
RF053	El sistema debe permitir al rol Coordinador visualizar la asignación de grupos a docentes y las materias que imparten en formato tabular.



RF054	El sistema debe permitir al rol Coordinador editar la asignación de grupos a docentes y las materias que imparten mediante formularios de edición.
RF055	El sistema debe impedir al rol Coordinador crear nuevas asignaciones de grupos a docentes o materias, ocultando los botones correspondientes.
RF057	El sistema debe impedir al rol Coordinador publicar horarios, mostrando un mensaje de error si intenta hacerlo.
RF060	El sistema debe permitir únicamente al rol Dirección añadir nuevas materias, validando el rol antes de mostrar el formulario.
RF061	El sistema debe impedir al rol Coordinador añadir nuevas materias, ocultando la opción del menú.

### 3.4.4 Interfaz de Usuario

#### 3.4.4.1 Requerimientos Generales de la Interfaz

RF062	El sistema debe proporcionar una interfaz web accesible desde navegadores Chrome 90+, Firefox 88+, Safari 14+, y Edge 90+.
RF063	El sistema debe mostrar todos los textos en el idioma seleccionado (español, inglés, italiano).
RF064	El sistema debe mantener un diseño visual consistente (colores, fuentes, iconos) en todas las pantallas utilizando un sistema de diseño unificado.
RF065	El sistema debe cerrar automáticamente la sesión del usuario después de 30 minutos de inactividad, mostrando una alerta 5 minutos antes.





--	--

#### 3.4.4.2 Requerimientos de Responsividad y Accesibilidad

RF067	El sistema debe permitir el acceso a la interfaz desde dispositivos de escritorio (1024px+) y móviles (320px-768px).
RF068	El sistema debe adaptar automáticamente el diseño de la interfaz al tamaño de pantalla del dispositivo (diseño responsive) utilizando CSS Grid y Flexbox.
RF069	El sistema debe ser usable en dispositivos móviles sin necesidad de zoom o scroll horizontal para contenido esencial.
RF070	El sistema debe cumplir con los estándares de accesibilidad WCAG 2.1 nivel AA para usuarios con discapacidades, incluyendo contraste mínimo 4.5:1, etiquetas ARIA, y navegación por teclado.

#### 3.4.4.3 Requerimientos de Navegación y Menús

RF071	El sistema debe permitir la navegación entre secciones mediante un menú principal lateral o superior.
-------	---



RF072	El sistema debe mostrar menús y opciones según el rol autenticado del usuario, ocultando funciones no autorizadas.
RF073	El sistema debe proporcionar una ruta de navegación (breadcrumbs) en páginas con múltiples niveles, mostrando la jerarquía completa.
RF074	El sistema debe incluir un botón de "Inicio" o "Dashboard" para volver a la página principal desde cualquier sección.

#### 3.4.4.4 Requerimientos de Formularios y Validación

RF075	El sistema debe validar los datos ingresados en formularios (campos obligatorios, formatos de email, teléfono) antes de enviarlos al servidor.
RF076	El sistema debe mostrar mensajes de error específicos y contextuales cuando falla una validación de formulario, indicando el campo exacto y la corrección necesaria.
RF077	El sistema debe previsualizar los datos seleccionados en campos de elección múltiple (materias, docentes) en una lista desplegable.
RF078	El sistema debe permitir la cancelación de operaciones de formulario con un botón "Cancelar" que limpie los campos y regrese a la vista anterior.



## 3.4.4.5 Requerimientos de Tablas y Visualización de Datos

RF080	El sistema debe permitir aplicar múltiples filtros simultáneamente en las tablas, mostrando el número de resultados filtrados.
RF082	El sistema debe implementar paginación en tablas con más de 10 registros, mostrando opciones de 10, 25, 50 registros por página.
RF083	El sistema debe mostrar resúmenes o totales en la parte inferior de las tablas cuando sea aplicable (total de horas, promedio de carga).

## 3.4.4.6 Requerimientos de Mensajes y Feedback

RF085	El sistema debe mostrar mensajes de confirmación mediante modales antes de ejecutar operaciones críticas (eliminación de registros), con botones "Confirmar" y "Cancelar".
RF086	El sistema debe mostrar mensajes de éxito (verde) o error (rojo) después de operaciones de creación, edición o eliminación de registros, con detalles claros y auto-ocultación después de 5 segundos.



## 3.4.4.7 Requerimientos Específicos por Rol en la Interfaz

RF089	El sistema debe mostrar al rol Administrador opciones para crear, leer, actualizar y eliminar registros de docentes, materias y horarios en el menú principal.
RF090	El sistema debe mostrar al rol Dirección opciones para añadir nuevos docentes, añadir nuevas materias y publicar horarios en el menú principal.
RF091	El sistema debe ocultar al rol Coordinador las opciones de añadir docentes, añadir materias y publicar horarios en el menú principal.
RF092	El sistema debe mostrar al rol Coordinador opciones para generar horarios, editar horarios y gestionar disponibilidad docente en el menú principal.
RF093	El sistema debe mostrar al rol Docente opciones para gestionar su disponibilidad horaria y visualizar horarios publicados en el menú principal.
RF094	El sistema debe mostrar al rol Padre opciones para visualizar horarios publicados de sus hijos en el menú principal.
RF095	El sistema debe adaptar el dashboard inicial para cada rol, mostrando solo la información relevante (para Docente: su horario y disponibilidad; para Coordinador: estadísticas de generación).



## 3.4.4.8 Requerimientos de Gestión de Horarios en la Interfaz

RF096	El sistema debe presentar los horarios en una tabla con columnas para días de la semana (Lunes a Viernes) y filas para bloques horarios, utilizando fuente Arial 12pt, contraste mínimo 4.5:1, y celdas con dimensiones mínimas de 120px de ancho y 40px de alto.
RF097	El sistema debe permitir la visualización de horarios por grupo, por docente o por materia mediante pestañas o selectores.
RF098	El sistema debe permitir la impresión de horarios en formato optimizado para papel A4, con márgenes de 1cm.
RF099	El sistema debe resaltar visualmente los conflictos de horario (superposiciones) en rojo durante la edición, con tooltip explicativo.
RF100	El sistema debe proporcionar una vista de calendario semanal para la edición manual de horarios, con arrastrar y soltar.



#### 3.4.4.9 Requerimientos de Acceso y Autenticación

RF101	El sistema debe proporcionar una página de login con campos de usuario y contraseña, y un botón "Iniciar sesión".
RF102	El sistema debe mostrar un mensaje de error genérico ("Credenciales incorrectas") en el login para evitar ataques de fuerza bruta.

#### 3.5.5 Requerimientos No Funcionales

RNF001	El sistema debe generar un horario completo para 10 grupos y 20 docentes en menos de 5 minutos, utilizando un algoritmo de optimización eficiente.
RNF002	El sistema debe soportar al menos 100 usuarios concurrentes con tiempos de respuesta menores a 2 segundos para operaciones comunes (consultar horarios).
RNF003	El sistema debe cargar cualquier página en menos de 2 segundos en conexión de 10 Mbps.



RNF004	El sistema debe realizar búsquedas de docentes en menos de 500 ms para 1000 registros.
RNF005	El sistema debe exportar horarios en PDF en menos de 30 segundos para horario completo.
RNF006	El sistema debe permitir a un usuario nuevo registrar su disponibilidad en menos de 5 minutos tras una capacitación de 10 minutos.
RNF007	El sistema debe presentar los horarios en una tabla con columnas para días de la semana (Lunes a Viernes) y filas para bloques horarios, utilizando fuente Arial 12pt, contraste mínimo 4.5:1, y celdas con dimensiones mínimas de 120 px de ancho y 40 px de alto.
RNF008	El sistema debe permitir navegación completa por teclado (Tab, Enter, Escape) en todas las funcionalidades.
RNF009	El sistema debe soportar zoom hasta 200 % sin pérdida de funcionalidad.



RNF010	El sistema debe mantener una disponibilidad del 99 % del tiempo durante el horario escolar (lunes a viernes, 8:00–17:00), calculada mensualmente, con un tiempo de inactividad máximo de 3.6 horas por mes durante el período especificado.
RNF011	El sistema debe implementar backup automático diario con retención de 30 días.
RNF012	El sistema debe recuperarse automáticamente de fallos de conexión a base de datos en menos de 30 segundos.
RNF013	El sistema debe requerir autenticación con credenciales únicas (usuario y contraseña) para todos los usuarios, con encriptación de contraseñas usando bcrypt.
RNF014	El sistema debe implementar control de acceso basado en roles, restringiendo funciones y datos según el rol, validando permisos en cada operación.
RNF015	El sistema debe registrar todos los accesos y modificaciones críticas en un log auditable con timestamp, usuario, acción y resultado.





RNF016	El sistema debe implementar rate limiting de máximo 5 intentos de login por minuto por IP.
RNF017	El sistema debe encriptar datos sensibles (contraseñas, datos personales) usando AES-256.
RNF018	El sistema debe permitir la corrección de errores en un módulo sin afectar otros en menos de 2 horas.
RNF019	El sistema debe implementar logging estructurado para facilitar el debugging.
RNF020	El backend del sistema debe desarrollarse en php:8.3-fpm-alpine.
RNF021	La base de datos del sistema debe utilizar la imagen postgres:16-alpine para PostgreSQL.



RNF022	El sistema debe utilizar la imagen nginx:alpine para el servidor web Nginx.
RNF023	El sistema debe utilizar la imagen node:20-alpine para Node.js en caso de requerir componentes frontend dinámicos o scripts adicionales.
RNF024	El sistema debe incluir Zabbix para monitoreo utilizando las imágenes zabbix/zabbix-server-pgsql:alpine-7.4-latest, zabbix/zabbix-web-nginx-pgsql:alpine-7.4-latest y zabbix/zabbix-agent2:alpine-7.4-latest.
RNF025	El sistema debe ser desplegado y gestionado utilizando la tecnología Docker, asegurando la compatibilidad con las imágenes especificadas.
RNF026	El sistema debe cumplir las pautas de inspección de ANEP.
RNF027	El sistema debe cumplir con la política de asistencia del Liceo Italiano para docentes con más de 16 horas.



RNF028	El sistema debe permitir repartir las clases en 2 días si la carga horaria de un grupo supera las 2 horas, salvo que se apliquen pautas de inspección específicas definidas por ANEP.
RNF029	El sistema debe permitir distribuir las clases en 3 días si la carga horaria de un grupo excede las 4 horas, con las mismas excepciones.
RNF030	El sistema debe permitir cubrir las clases en 4 días si la carga horaria de un grupo sobrepasa las 6 horas, bajo criterios análogos.
RNF031	El sistema debe permitir situar las materias exclusivas de programas italianos al final del horario en grupos mixtos de II y III media, y I Liceo Italiano.
RNF032	El sistema debe asignar Educación Física a las horas finales del turno, independientemente del grupo.



### 3.6 Interfaces externas

IE001	El sistema debe proporcionar una interfaz web responsive accesible desde navegadores Chrome 90+, Firefox 88+, Safari 14+ y Edge 90+.
IE002	El sistema debe proporcionar una interfaz móvil optimizada para dispositivos con pantallas de 320 px a 768 px de ancho.
IE003	El sistema debe interactuar con PostgreSQL 16 para almacenamiento y recuperación de datos.
IE004	El sistema debe operar en un entorno Docker utilizando las imágenes especificadas en la sección 5.6.
IE005	El sistema debe incluir monitoreo mediante Zabbix Server, Zabbix Web y Zabbix Agent para supervisión de rendimiento y disponibilidad.
IE006	El sistema debe usar protocolos HTTP/HTTPS para la comunicación cliente-servidor.
IE007	El sistema debe implementar WebSockets para actualizaciones en tiempo real del dashboard.
IE008	El sistema debe soportar comunicación segura mediante TLS 1.3 o superior.



IE009	El sistema debe operar en la infraestructura de hardware de Docker con un mínimo de 4 GB RAM y 2 CPU cores.
IE010	El sistema debe soportar almacenamiento persistente de al menos 100 GB para datos y logs.
IE011	El sistema debe ser compatible con arquitecturas x86_64 y ARM64.
IE012	El sistema debe exponer los siguientes puertos: 80 (Nginx), 5432 (PostgreSQL), 8080 (Zabbix Web), 10051 (Zabbix Server) y 10050 (Zabbix Agent).

## 3.7 Supuestos y Dependencias

### 3.7.1 Supuestos

1. Los usuarios tendrán acceso a dispositivos con navegador web y conexión a Internet de al menos 10 Mbps.
2. La información inicial (disponibilidad, grupos, materias) será completa y oportuna al inicio de cada período académico.
3. Las pautas de inspección de ANEP serán estables y accesibles durante el período de desarrollo.
4. Los docentes tendrán conocimientos básicos de informática para usar la interfaz.



### 3.7.2 Dependencias

1. La generación de horarios depende de la calidad de las restricciones de entrada (disponibilidad docente, materias, grupos).
2. La edición de horarios depende de la usabilidad de la interfaz de calendario semanal.
3. El despliegue depende de la configuración correcta de Docker y las imágenes especificadas.
4. El rendimiento depende de la infraestructura de hardware disponible.

### 3.8 Verificación de Requisitos

1. Cada requerimiento funcional será verificado mediante pruebas de aceptación definidas en un plan de pruebas detallado.
2. Los requerimientos no funcionales serán validados con métricas específicas (tiempo de respuesta, disponibilidad, carga de usuarios) durante pruebas de estrés y uso real.
3. El sistema debe pasar todas las pruebas de accesibilidad WCAG 2.1 nivel AA utilizando herramientas automatizadas.
4. El sistema debe mantener una cobertura de pruebas unitarias del 80% mínimo.



## 3.9 Apéndices/Anexos

### Glosario

1. Porcentaje de margen: Relación entre horas disponibles y horas asignadas de un docente, expresada como porcentaje con dos decimales.
2. Observaciones: Comentarios registrados por docentes sobre su disponibilidad o preferencias, limitados a 500 caracteres.
3. Prioridad: Criterio de ordenación basado en trabajo en otro liceo o porcentaje de margen, utilizado para la generación automática de horarios.
4. Pautas de inspección específicas: Reglas de ANEP para la distribución de clases, incluyendo límites de días según carga horaria.
5. Conflicto de horario: Situación donde un docente está asignado a múltiples clases en el mismo bloque horario.
6. Constancia de trabajo: Documento PDF generado automáticamente para docentes con más de 16 horas asignadas, indicando trabajo en otra institución.
7. Multi-tenancy: Capacidad del sistema para soportar múltiples instituciones en una sola instalación.
8. Rate limiting: Limitación del número de intentos de acceso por IP para prevenir ataques de fuerza bruta.
9. WCAG 2.1 AA: Estándar de accesibilidad web que el sistema debe cumplir para usuarios con discapacidades.
10. API REST: Interfaz de programación que permite la integración del sistema con aplicaciones externas.
11. Zabbix: Sistema de monitoreo de red que supervisa el rendimiento y disponibilidad del sistema Chronos, incluyendo servidor, base de datos y aplicaciones.
12. Docker Compose: Herramienta para definir y ejecutar aplicaciones Docker multi-contenedor, utilizada para orquestar todos los servicios del sistema Chronos.



## 4. Estudio de Factibilidad, Costos y Estimación del Proyecto

### 4.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA

#### 4.1.1. Tecnologías y Herramientas

<b>Backend</b>	PHP 8.3-fpm-alpine
<b>Frontend</b>	JavaScript vanilla + Tailwind CSS 4.1.12
<b>Base de Datos</b>	PostgreSQL 16-alpine
<b>Infraestructura</b>	Docker Compose con contenedores múltiples
<b>Monitoreo</b>	Zabbix 7.4 (Alpine) integrado
<b>Servidor Web</b>	Nginx Alpine
<b>Node.js</b>	20-alpine para compilación de assets
<b>Orquestación</b>	Docker Compose





### 4.1.2. Capacidades del Equipo

1. Recursos Humanos Especializados:
  - 3 desarrolladores full-stack con experiencia en PHP
  - 2 administradores de bases de datos PostgreSQL
  - 1 especialista en DevOps

### 4.1.3. Análisis de Infraestructura

1. Requerimientos de Hardware:
  - Servidor web: 4 vCPUs, 8GB RAM, 100GB SSD
  - Servidor base de datos: 4 vCPUs, 16GB RAM, 200GB SSD
  - Servidor de aplicaciones: 2 vCPUs, 4GB RAM, 50GB SSD
  - Ancho de banda: 100 Mbps dedicados
2. Requerimientos de Software:
  - Sistema operativo: Ubuntu Server 22.04 LTS
  - Servidor web: Nginx con PHP-FPM
  - Contenedores: Docker Engine
  - Orquestación: Docker Compose para entornos múltiples

### 4.1.4. Evaluación de Riesgos Técnicos

1. Riesgos Identificados:
  - Complejidad del algoritmo de generación de horarios
  - Integración con sistemas legacy existentes
  - Escalabilidad ante picos de carga (inicio de año lectivo)
2. Estrategias de Mitigación:
  - Desarrollo iterativo del algoritmo con pruebas intensivas
  - APIs RESTful para integración gradual
  - Arquitectura microservicios para escalado selectivo
3. Evaluación: FACTIBLE



## 4.2 FACTIBILIDAD OPERACIONAL

### 4.2.1. Análisis de Usuarios y Volúmenes

1. Población Objetivo:

Docentes: 70 usuarios concurrentes en horario pico

Coordinadores: 10 usuarios con acceso administrativo

Dirección: 5 usuarios con privilegios de supervisión

Administradores: 2 usuarios técnicos

Padres/Madres: 800 usuarios de solo consulta

### 4.2.2. Plan de Capacitación Integral

1. Estrategia de Implementación:

Fase 1: Capacitación a coordinadores (4 sesiones de 2 horas)

Fase 2: Talleres para docentes (6 sesiones de 90 minutos)

Fase 3: Sesiones específicas para dirección (2 sesiones de 2 horas)

Fase 4: Tutoriales online para padres (videoteca disponible 24/7)

2. Materiales de Soporte:

Manual de administrador (150 páginas)

Guía rápida de usuario (30 páginas)

Video-tutoriales por funcionalidad (20 videos)

FAQ interactiva con búsqueda inteligente



### 4.2.3. Estructura de Soporte Técnico

1. Niveles de Soporte:
2. Nivel 1: Mesa de ayuda (8:00-18:00 hs, respuesta en 4 horas)  
Nivel 2: Soporte técnico especializado (respuesta en 24 horas)  
Nivel 3: Desarrollo y correcciones (respuesta en 48 horas)
3. Canales de Comunicación:  
Ticket system integrado  
Teléfono para casos críticos  
Correo electrónico

### 4.2.4. Procesos Operativos

1. Flujos de Trabajo:  
Generación automática de horarios  
Aprobación en cascada (coordinador → dirección)  
Notificaciones automáticas por cambios  
Backup semanal de configuraciones
2. Evaluación: FACTIBLE

## 4.3. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

### 4.3.1. Inversión Inicial Detallada

1. Costos de Desarrollo:  
Análisis y diseño del sistema: \$2,500 USD  
Desarrollo del backend: \$6,000 USD  
Desarrollo del frontend: \$4,500 USD  
Pruebas y control de calidad: \$2,000 USD  
Total desarrollo: \$15,000 USD
2. Infraestructura Inicial:  
Registro de dominio (.com): \$25 USD (renovación anual)  
Servidores AWS (primer año): \$2,500 USD (renovación anual)  
Certificado SSL empresarial: \$250 USD (renovación anual)  
Licencias de software: \$500 USD (renovación anual)  
Total infraestructura: \$3,275 USD



### 4.3.2. Costos Operativos Anuales

1. Infraestructura Cloud:
  - Instancias EC2: \$2,400 USD/año
  - Almacenamiento S3: \$600 USD/año
  - Base de datos RDS: \$1,200 USD/año
  - Servicios CDN: \$300 USD/año
2. Mantenimiento y Soporte:
  - Soporte técnico nivel 1: \$1,800 USD/año
  - Actualizaciones de seguridad: \$1,200 USD/año
  - Backup y recuperación: \$600 USD/año
  - Monitoreo y alertas: \$400 USD/año
  - Total costos anuales: \$8,500 USD

### 4.3.3. Modelo de Ingresos

1. Fuentes de Ingreso:
  - Licencia anual por institución: \$12,000 USD
  - Soporte premium opcional: \$2,400 USD/año
  - Personalización de módulos: \$1,800 USD (único)
2. Proyección Financiera:
  - Año 1: \$12,000 USD (1 institución)
  - Año 2: \$24,000 USD (2 instituciones)
  - Año 3: \$36,000 USD (3 instituciones)

### 4.3.4. Análisis de Rentabilidad

1. Métricas Clave:
  - ROI primer año: 41.2%
  - Punto de equilibrio: 1.3 años
  - VAN (5 años): \$15,284 USD
  - TIR: 18.7%



#### 4.3.5.1. Objetivos y Beneficios

1. Beneficios Cuantitativos:
2. Reducción del 80% en tiempo de generación de horarios (de 40 a 8 horas/semana)
3. Eliminación del 95% de errores manuales en asignaciones
4. Optimización del 25% en utilización de recursos docentes
5. Ahorro anual en personal administrativo: \$7,000 USD
6. Reducción de costos de impresión y papelería: \$1,200 USD/año
  
7. Beneficios Cualitativos:
8. Cumplimiento automatizado del 100% de normativas ANEP
9. Mayor satisfacción docente por horarios equilibrados
10. Transparencia en la asignación de recursos
11. Acceso inmediato a horarios para padres y estudiantes
12. Reducción de conflictos por asignaciones injustas

#### 4.3.6. Objetivos y Beneficios

1. Reducción del 80% en tiempo de generación de horarios  
Eliminación del 95% de errores manuales en asignaciones  
Optimización del 25% en utilización de recursos docentes  
Cumplimiento automatizado del 100% de normativas ANEP  
Ahorro anual estimado en personal administrativo: \$7,000 USD

#### 4.3.7 Método CTP

1. Costo Total Proyecto: \$18,275 USD (inicial) + \$8,500 USD/año (operativo)  
Tiempo de Implementación: 22 semanas (5.5 meses)  
Producción Esperada: 120 horarios generados automáticamente/año



### 4.3.8. Métodos de Evaluación Económica

1. VAN (Valor Actual Neto): \$15,284 USD (5 años, tasa 12%)  
TIR (Tasa Interna de Retorno): 18.7%  
Período de Payback: 15.6 meses  
BCR (Benefit-Cost Ratio): 1.42

## 4.4. FACTIBILIDAD LEGAL

### 4.4.1. Marco Normativo Aplicable

1. Protección de Datos:  
Ley N° 18.331 de Protección de Datos Personales  
Reglamento UE GDPR (para expansión internacional)  
Normativas específicas ANEP para datos educativos
2. Propiedad Intelectual:  
Licencia MIT para código fuente  
Registro de marca "S.I.G.I.E."  
Acuerdos de confidencialidad con el equipo  
Políticas de contribución de terceros

### 4.4.2. Cumplimiento Específico

1. Normativas Educativas:  
Resoluciones ANEP sobre distribución horaria  
Reglamentación de carga docente  
Protocolos de constancias laborales  
Reportes estadísticos obligatorios



### 4.4.3. Estrategia de Auditoría

1. Controles Implementados:
  - Auditoría de seguridad semestral
  - Revisiones de cumplimiento normativo trimestral
  - Reportes de gestión de incidentes
  - Registros detallados de acceso y modificación
2. Evaluación: FACTIBLE

## 4.5. FACTIBILIDAD TEMPORAL

### 4.5.1. Cronograma Detallado por Fases

1. Fase 1: Análisis y Diseño (4 semanas)
  - Semana 1-2: Relevamiento de requerimientos
  - Semana 3: Diseño de base de datos y arquitectura
  - Semana 4: Planificación de proyecto y aprobaciones



2. Fase 2: Desarrollo del Núcleo (8 semanas)
  - Semana 5-7: Módulo de gestión de usuarios y autenticación
  - Semana 8-10: Módulo de gestión docente y disponibilidades
  - Semana 11-12: Algoritmo de generación de horarios
3. Fase 3: Funcionalidades Avanzadas (6 semanas)
  - Semana 13-15: Módulo de edición y ajuste de horarios
  - Semana 16-17: Sistema de reportes y exportación
  - Semana 18: Integración y pruebas iniciales
4. Fase 4: Implementación (4 semanas)
  - Semana 19: Instalación en ambiente de producción
  - Semana 20: Migración de datos iniciales
  - Semana 21: Capacitación de usuarios clave
  - Semana 22: Ajustes finales y entrega

#### 4.5.2. Gestión de Riesgos Temporales

1. Buffer de Contingencia:
  - 1.1 3 semanas adicionales para imprevistos
    - Plan de aceleración con recursos adicionales
    - Entregas parciales para validación temprana
2. Hitos Críticos:
  - 2.1 Prototipo funcional: 15/08/2025
    - Pruebas de integración: 10/09/2025
    - Implementación completa: 20/10/2025
    - Entrega final: 03/11/2025

#### 4.5.3. Asignación de Recursos

1. Equipo de Proyecto:
  - 1 Project Manager (100% dedicación)
  - 3 Desarrolladores Full-Stack (100% dedicación)
  - 1 Tester (50% dedicación)
2. Evaluación: FACTIBLE





## 5. Arquitectura y Plataforma Técnica

### 5.1. Arquitectura del Modelo y Stack Tecnológico

#### 5.1.1 Stack Tecnológico

Backend	Frontend	Infraestructura y Monitoreo
PHP 8.3 con FPM (FastCGI Process Manager)	TailwindCSS v4.1.12 para estilos y diseño responsive	Docker Compose para orquestación de servicios
PostgreSQL 16 como base de datos principal	JavaScript vanilla para interactividad del cliente	Zabbix 7.4 para monitoreo de sistema (Server, Web, Agent)
Nginx Alpine como servidor web y proxy reverso	HTML5 semántico con soporte multiidioma (ES, EN, IT)	Node.js 20 para herramientas de desarrollo (TailwindCSS)
Docker para containerización y orquestación		

#### 5.1.2 Arquitectura del Modelo

**Patrón Arquitectónico:** El proyecto implementa una arquitectura MVC (Model-View-Controller) con elementos de Clean Architecture:

src/

├─ app/

| └─ Controllers/ # Controladores por rol (Admin, Coordinator, etc.)

S.I.G.I.E

SIM

BT3



— Models/	# Modelos de dominio (Teacher, Schedule, etc.)
— Services/	# Lógica de negocio (ScheduleService, AuthService)
— Middleware/	# Middleware de autenticación y autorización
— Core/	# Router personalizado
— models/	# Modelos de datos (Database, etc.)
— helpers/	# Utilidades y helpers
— views/	# Vistas organizadas por rol
— config/	# Configuraciones de aplicación

### 5.1.3 Sistema de Autenticación y Autorización

#### Roles de Usuario

ADMIN - Acceso completo al sistema

DIRECTOR - Supervisión y publicación de horarios

COORDINADOR - Gestión de horarios y disponibilidad

DOCENTE - Gestión de su disponibilidad

PADRE - Consulta de horarios de estudiantes

#### Seguridad

Autenticación basada en sesiones seguras

Encriptación de contraseñas con password\_hash()

Validación de entrada con helpers especializados

Control de acceso basado en roles (RBAC)

Validación de cédula uruguaya (7-8 dígitos)

Validación de formato de teléfono uruguayo

Sanitización de entrada



## Protección CSRF

### 5.1.4 Monitoreo y Observabilidad

#### **Zabbix Integration**

Zabbix Server - Recopilación de métricas

Zabbix Web - Interfaz de monitoreo (puerto 8080)

Zabbix Agent - Agente de monitoreo en la aplicación

#### **Logging**

Logs estructurados para auditoría

Registro de actividades de usuario

Logs de errores con timestamps

### 5.1.5 Despliegue y DevOps

# docker-compose.yml

services:

nginx: # Servidor web

php: # Aplicación PHP-FPM

postgres: # Base de datos

zabbix-\*: # Monitoreo

node: # Herramientas de desarrollo

#### **Containerización**

Configuración

Variables de entorno para configuración

Configuración centralizada en config/app.php

Separación de entornos (desarrollo/producción)



## 5.2. Especificación de Procesos (Diagrama Nassi-Schneiderman)

# 6.Modelo Esencial

## 6.1. Entidades Principales y Relaciones Clave

**Usuario:** Actor del sistema con un Rol específico (Administrador, Dirección, Coordinador, Docente, Padre). Define la autenticación y los permisos.

**Docente:** Posee Nombre, Teléfono, Asignaturas que imparte y un indicador de si trabaja en OtrosLiceos. Está asociado a uno o más Usuarios.

**Disponibilidad:** Registro de las FranjasHorarias disponibles de un Docente para cada día de la semana. Se calcula a partir de esto el PorcentajeMargen (horas disponibles vs. asignadas).

**Observación:** Comentario o restricción asociada a un Docente. Puede ser una opción Predefinida (como "Otro Liceo") o texto libre (motivo). Gestionada por el Coordinador.

**Asignatura:** Materia que se imparte. Puede tener PautasInspeccionANEP específicas y se puede marcar para impartirse EnConjunto con otra, requiriendo especificar un Grupo.

**Grupo:** División académica (ej: 1°A, 2°B).

**Horario:** Planificación central del sistema. Se genera automáticamente aplicando Restricciones (disponibilidad, pautas ANEP) y puede ser editado manualmente. Se visualiza por Grupo o por Docente.

**Relaciones Clave y Reglas de Negocio (Restricciones):**

**Generación de Horarios:** El sistema crea un Horario asignando Asignaturas a FranjasHorarias en los Grupos, respetando estrictamente la Disponibilidad de los Docentes y las reglas de distribución (ej: clases de +4 horas se reparten en 3 días).

**Gestión de Disponibilidad:** Un Docente gestiona su propia Disponibilidad. El sistema calcula automáticamente su PorcentajeMargen y permite registrar Observaciones.

**Control de Acceso Basado en Roles (RBAC):** Las operaciones críticas (publicar horarios, añadir docentes/materias) están restringidas al rol Dirección. El Coordinador puede generar/editar horarios y gestionar observaciones predefinidas, pero no publicarlos. Los Docentes y Padres solo pueden visualizar.

**Reglas Específicas ANEP/Liceo:** El modelo debe incorporar lógica para:

Asignar EducaciónFísica a las horas finales.

Situar MateriasItalianas al final del horario en grupos mixtos.

Registrar Constancias para docentes con +16 horas asignadas.

**Resumen del Propósito del Modelo Esencial:**

El modelo debe capturar la esencia de asignar recursos (Docentes y Asignaturas) a franjas de tiempo (Horario) para Grupos, gobernado por un estricto conjunto de Restricciones (Disponibilidad, Pautas ANEP) y bajo un sólido Control de Acceso (Roles). La generación automática y la edición manual del horario son las capacidades centrales que operan sobre este modelo de datos.



## 7. Plan de contingencias

### 7.1 Riesgos Técnicos

#### Problemas tecnológicos durante el desarrollo del software

ID	NOMBRE	DESCRIPCIÓN BREVE
R01	Fallo en algoritmo de generación	Algoritmo no genera horarios válidos o eficientes
R05	Error en asignación de grupos	Asignaciones incorrectas de docentes a grupos o materias
R06	Problemas de rendimiento	Lentitud o caídas del sistema bajo carga
R09	Fallo en la base de datos	Pérdida o corrupción de datos críticos
R10	Vulnerabilidades de seguridad	Accesos no autorizados o exposición de datos sensibles
R11	Incompatibilidad con navegadores	Problemas de visualización o funcionalidad en navegadores
R12	Carga excesiva en servidor	Saturación del servidor durante generación de horarios
R13	Errores en reglas especiales	Incumplimiento de reglas de ubicación de materias
R14	Conflictos de horarios no detectados	Superposición de clases o asignaciones incompatibles
R15	Pérdida de conectividad de red	Interrupciones en el servicio por fallos de red
R16	Error en cálculo de porcentaje margen	Cálculo incorrecto del margen de disponibilidad



R17	Fallo en sistema de autenticación	Problemas en el login o gestión de sesiones
R18	Datos corruptos en importación	Errores al cargar datos iniciales o masivos
R21	Falta de cumplimiento de pautas ANEP	Incumplimiento de normas educativas en horarios
R22	Error en asignación de coordinaciones	Ubicación incorrecta de horarios de coordinación
R23	Problemas de usabilidad en móviles	Dificultad de uso en dispositivos móviles
R24	Fallo en sistema de notificaciones	Notificaciones no enviadas o recibidas incorrectamente
R25	Error en gestión de constancias	Incorrecto registro o validación de constancias
R26	Duplicación de datos	Registros duplicados de docentes, materias o grupos
R27	Falta de validación de horarios	Horarios con inconsistencias no detectadas
R28	Error en filtros y ordenamiento	Funcionamiento incorrecto en filtros y orden
R29	Problemas de timezone	Incorrecta gestión de zonas horarias
R30	Falta de escalabilidad	Incapacidad para manejar crecimiento de usuarios
R31	Error en edición manual de horarios	Problemas al modificar manualmente horarios
R32	Pérdida de datos en sesión	Datos no guardados por cierre inesperado
R33	Configuración incorrecta de Docker	Problemas en despliegue por configuración errónea



R34	Incompatibilidad entre imágenes Docker	Conflictos entre versiones de imágenes
R36	Error en lógica de distribución horaria	Distribución incorrecta de horas por grupo
R37	Problemas de accesibilidad WCAG	Incumplimiento de estándares de accesibilidad
R38	Fallo en sistema de respaldo	Copias de seguridad no realizadas o corruptas
R39	Error en integración con pgAdmin	Problemas en gestión de base de datos

## 7.2 Riesgos Organizacionales

### Problemas internos de la organización

ID	NOMBRE	DESCRIPCIÓN BREVE
R03	Resistencia al cambio de docentes	Rechazo o dificultad de adaptación al sistema
R04	Falta de recursos	Insuficiencia de equipo, tiempo o presupuesto
R19	Insuficiente capacitación de usuarios	Desconocimiento del sistema por parte de usuarios
R35	Falta de documentación técnica	Documentación insuficiente para mantenimiento

## 7.3 Riesgos de Proyecto

### Problemas en la gestión del proyecto





ID	NOMBRE	DESCRIPCIÓN BREVE
R07	Falta de comunicación entre roles	Descoordinación entre diferentes roles
R08	Datos inconsistentes de docentes	Información incompleta en aspiraciones horarias
R20	Conflictos entre restricciones	Restricciones contradictorias que impiden generación
R40	Cambios en requisitos durante desarrollo	Modificación de requisitos que afecte cronograma

## 7.4 Riesgos Externos

Factores externos que impactan el proyecto

ID	NOMBRE	DESCRIPCIÓN BREVE
R02	Cambios en pautas de ANEP	Modificaciones en normativas educativas

## 7.5 Resumen por Categoría

- **Riesgos Técnicos:** 31 riesgos (77.5%)
- **Riesgos Organizacionales:** 4 riesgos (10%)
- **Riesgos de Proyecto:** 4 riesgos (10%)
- **Riesgos Externos:** 1 riesgo (2.5%)

### 7.6 Tabla de Riesgos

ID	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD	IMPACTO
----	--------	-------------	--------------	---------



R01	Fallo en el algoritmo de generación	El algoritmo no genera horarios válidos o eficientes.	Media	Alto
R02	Cambios en pautas de ANEP	Modificaciones en las normativas educativas que afecten la generación.	Baja	Alto
R03	Resistencia al cambio de docentes	Rechazo o dificultad de adaptación al sistema por parte de los docentes.	Alta	Medio
R04	Falta de recursos	Insuficiencia de equipo, tiempo o presupuesto para el desarrollo.	Media	Alto
R05	Error en asignación de grupos	Asignaciones incorrectas de docentes a grupos o materias.	Media	Medio
R06	Problemas de rendimiento	Lentitud o caídas del sistema bajo carga.	Media	Alto
R07	Falta de comunicación entre roles	Descoordinación entre los diferentes roles.	Alta	Medio
R08	Datos inconsistentes de docentes	Información incompleta o errónea en las aspiraciones horarias.	Alta	Medio
R09	Fallo en la base de datos	Pérdida o corrupción de datos críticos.	Baja	Alto



R10	Vulnerabilidades de seguridad	Accesos no autorizados o exposición de datos sensibles.	Media	Alto
R11	Incompatibilidad con navegadores	Problemas de visualización o funcionalidad en navegadores no soportados.	Media	Bajo
R12	Carga excesiva en servidor	Saturación del servidor durante la generación de horarios.	Media	Medio
R13	Errores en reglas especiales	Incumplimiento de reglas de ubicación de materias.	Media	Medio
R14	Conflictos de horarios no detectados	Superposición de clases o asignaciones incompatibles.	Alta	Alto
R15	Pérdida de conectividad de red	Interrupciones en el servicio debido a fallos de red.	Media	Alto
R16	Error en cálculo de porcentaje margen	Cálculo incorrecto del margen de disponibilidad de docentes.	Media	Medio
R17	Fallo en sistema de autenticación	Problemas en el login o gestión de sesiones.	Media	Alto
R18	Datos corruptos en importación	Errores al cargar datos iniciales o masivos.	Baja	Alto



R19	Insuficiente capacitación de usuarios	Desconocimiento del funcionamiento del sistema por parte de los usuarios.	Alta	Medio
R20	Conflictos entre restricciones	Restricciones contradictorias que impidan la generación de horarios.	Alta	Alto
R21	Falta de cumplimiento de pautas ANEP	Incumplimiento de normas educativas en horarios generados.	Media	Alto
R22	Error en asignación de coordinaciones	Ubicación incorrecta de horarios de coordinación.	Media	Medio
R23	Problemas de usabilidad en móviles	Dificultad de uso en dispositivos móviles.	Alta	Medio
R24	Fallo en sistema de notificaciones	Notificaciones no enviadas o recibidas incorrectamente.	Media	Bajo
R25	Error en gestión de constancias	Incorrecto registro o validación de constancias docentes.	Media	Medio
R26	Duplicación de datos	Registros duplicados de docentes, materias o grupos.	Media	Medio
R27	Falta de validación de horarios	Horarios generados con inconsistencias no detectadas.	Media	Alto



R28	Error en filtros y ordenamiento	Funcionamiento incorrecto en filtros y orden de listas.	Alta	Bajo
R29	Problemas de timezone	Incorrecta gestión de zonas horarias en fechas y horarios.	Baja	Medio
R30	Falta de escalabilidad	Incapacidad del sistema para manejar crecimiento de usuarios o datos.	Media	Alto
R31	Error en edición manual de horarios	Problemas al modificar manualmente los horarios generados.	Alta	Medio
R32	Pérdida de datos en sesión	Datos no guardados por cierre inesperado de sesión.	Media	Medio
R33	Configuración incorrecta de Docker	Problemas en despliegue por configuración errónea de contenedores.	Media	Alto
R34	Incompatibilidad entre imágenes Docker	Conflictos entre versiones de imágenes de Docker.	Media	Alto
R35	Falta de documentación técnica	Documentación insuficiente para mantenimiento o escalamiento.	Alta	Medio
R36	Error en lógica de distribución horaria	Distribución incorrecta de horas por grupo según reglas.	Media	Alto



R37	Problemas de accesibilidad WCAG	Incumplimiento de estándares de accesibilidad.	Alta	Bajo
R38	Fallo en sistema de respaldo	Copias de seguridad no realizadas o corruptas.	Baja	Alto
R39	Error en integración con pgAdmin	Problemas en la gestión de la base de datos mediante pgAdmin.	Baja	Medio
R40	Cambios en requisitos durante desarrollo	Modificación de requisitos que afecte el cronograma.	Alta	Alto



## 7.7 Plan de Contingencia

ID	NOMBRE	PREVENCIÓN	MITIGACIÓN
R01	Fallo en el algoritmo de generación	Pruebas exhaustivas con datos reales y simulados antes de producción.	Permitir edición manual completa de horarios generados.
R02	Cambios en pautas de ANEP	Diseñar configuración flexible actualizable por coordinadores.	Notificar automáticamente y permitir regeneración parcial.
R03	Resistencia al cambio de docentes	Capacitación continua y soporte accesible.	Recordatorios automáticos y validación progresiva.
R04	Falta de recursos	Asegurar asignación de equipo e infraestructura desde inicio.	Priorizar funcionalidades críticas, postergar secundarias.
R05	Error en asignación de grupos	Validación automática con reglas predefinidas al ingresar datos.	Permitir revisión y corrección por coordinadores y dirección.
R06	Problemas de rendimiento	Optimizar consultas SQL, usar caché y balancear carga.	Generación en segundo plano y notificación al usuario.
R07	Falta de comunicación entre roles	Establecer canales formales y reuniones periódicas.	Sistema de notificaciones interno para alertas importantes.
R08	Datos inconsistentes de docentes	Validación en tiempo real en formularios.	Advertencias claras y contacto directo con docentes.
R09	Fallo en la base de datos	Respallos automáticos y frecuentes.	Restauración rápida desde último respaldo.
R10	Vulnerabilidades de seguridad	Autenticación robusta, cifrado y auditorías regulares.	Parches inmediatos y revocación de accesos comprometidos.
R11	Incompatibilidad con navegadores	Pruebas en navegadores soportados durante desarrollo.	Versión simplificada o guías de compatibilidad.
R12	Carga excesiva en servidor	Optimizar algoritmo y escalar recursos en horarios pico.	Generación de horarios en horarios de menor demanda.



R13	Errores en reglas especiales	Validación automática durante generación.	Ajustes manuales y destacado visual de incumplimientos.
R14	Conflictos de horarios no detectados	Implementar verificaciones cruzadas automáticas.	Herramientas de detección y resolución manual de conflictos.
R15	Pérdida de conectividad de red	Monitorización continua de conectividad.	Modo offline limitado y sincronización al recuperar conexión.
R16	Error en cálculo de porcentaje margen	Validación con datos reales y pruebas unitarias.	Recalculo manual y ajuste por administradores.
R17	Fallo en sistema de autenticación	Mecanismos de falloover y recuperación de sesiones.	Restablecimiento rápido de servicio y notificación a usuarios.
R18	Datos corruptos en importación	Validación rigurosa de formatos y contenidos antes de importar.	Herramientas de reparación y rollback de importaciones.
R19	Insuficiente capacitación de usuarios	Programas de entrenamiento continuo y documentación clara.	Soporte técnico prioritario y tutoriales interactivos.
R20	Conflictos entre restricciones	Análisis previo de compatibilidad entre restricciones.	Herramientas de priorización y relajación de restricciones.
R21	Falta de cumplimiento de pautas ANEP	Verificación automática durante generación.	Ajuste manual y regeneración parcial.
R22	Error en asignación de coordinadores	Validación específica de horarios de coordinación.	Reasignación manual y notificación a afectados.
R23	Problemas de usabilidad en móviles	Diseño responsive desde inicio y pruebas en dispositivos reales.	Versión móvil optimizada y guías de uso.
R24	Fallo en sistema de notificaciones	Monitorización del servicio de notificaciones.	Notificaciones alternativas por correo o mensajería interna.
R25	Error en gestión de constancias	Validación cruzada con horarios asignados.	Revisión manual y corrección por administradores.
R26	Duplicación de datos	Mecanismos de prevención de duplicados en base de datos.	Herramientas de limpieza y consolidación de datos.





R27	Falta de validación de horarios	Múltiples capas de validación automática.	Auditoría manual previa a la publicación.
R28	Error en filtros y ordenamiento	Pruebas exhaustivas de interfaz de usuario.	Reset de filtros y ordenamiento por defecto.
R29	Problemas de timezone	Configuración horaria uniforme en servidor y aplicación.	Ajustes manuales y conversión automática.
R30	Falta de escalabilidad	Diseño modular y arquitectura escalable desde inicio.	Escalado horizontal de recursos en infraestructura.
R31	Error en edición manual de horarios	Interfaz intuitiva con validación en tiempo real.	Historial de cambios y capacidad de deshacer acciones.
R32	Pérdida de datos en sesión	Guardado automático periódico durante la edición.	Recuperación de borradores y sesiones anteriores.
R33	Configuración incorrecta de Docker	Scripts de despliegue estandarizados y documentados.	Rollback a versión estable y corrección de configuración.
R34	Incompatibilidad entre imágenes Docker	Uso de versiones estables y compatibles verificadas.	Actualización coordinada de imágenes y contenedores.
R35	Falta de documentación técnica	Incluir documentación como parte de los criterios de aceptación.	Contratación de expertise externo para documentación urgente.
R36	Error en lógica de distribución horaria	Pruebas con múltiples escenarios de carga horaria.	Ajuste manual de distribución y regeneración controlada.
R37	Problemas de accesibilidad WCAG	Auditorías de accesibilidad durante el desarrollo.	Parches de accesibilidad prioritarios y validación externa.
R38	Fallo en el sistema de respaldo	Verificación regular de integridad de respaldos.	Respaldos alternativos en ubicaciones múltiples.
R39	Error en integración con pgAdmin	Pruebas de integración con herramientas de gestión.	Acceso directo a base de datos para operaciones críticas.



R40	Cambios en requisitos durante desarrollo	Gestión formal de cambios.	Replanificación ágil y priorización de nuevos requisitos.
-----	--	----------------------------	---

## 8. Matriz FODA

### Fortalezas

- Automatización eficiente en la generación de horarios basados en restricciones complejas
- Interfaz intuitiva y responsive que facilita la adopción por distintos roles de usuario
- Flexibilidad para edición manual y adaptación a cambios en tiempo real
- Cumplimiento normativo con pautas de ANEP y políticas internas del Liceo
- Sistema de roles y permisos bien definidos que garantiza seguridad y control de acceso
- Capacidad de gestión integral: docentes, materias, grupos y restricciones específicas

### Oportunidades

- Tendencia creciente hacia la digitalización de procesos educativos
- Potencial de escalabilidad para implementación en otras instituciones educativas
- Posibilidad de integración con sistemas existentes de gestión estudiantil
- Acceso a financiamiento público o privado para proyectos de innovación educativa
- Desarrollo futuro de funcionalidades de exportación e integración por correo electrónico
- Mercado potencial en instituciones educativas con problemas similares de gestión horaria
-

**Debilidades**

- Dependencia crítica de la calidad y completitud de los datos iniciales ingresados por docentes
- Complejidad algorítmica que puede presentar fallas con restricciones contradictorias o muy estrictas
- Curva de aprendizaje para docentes y coordinadores no familiarizados con sistemas digitales
- Requerimiento de mantenimiento continuo para actualizar pautas normativas y reglas de negocio
- Dependencia técnica de herramientas específicas (Docker, PostgreSQL, PHP)
- Limitaciones en la capacidad de procesamiento para generación de horarios complejos
- 

**Amenazas**

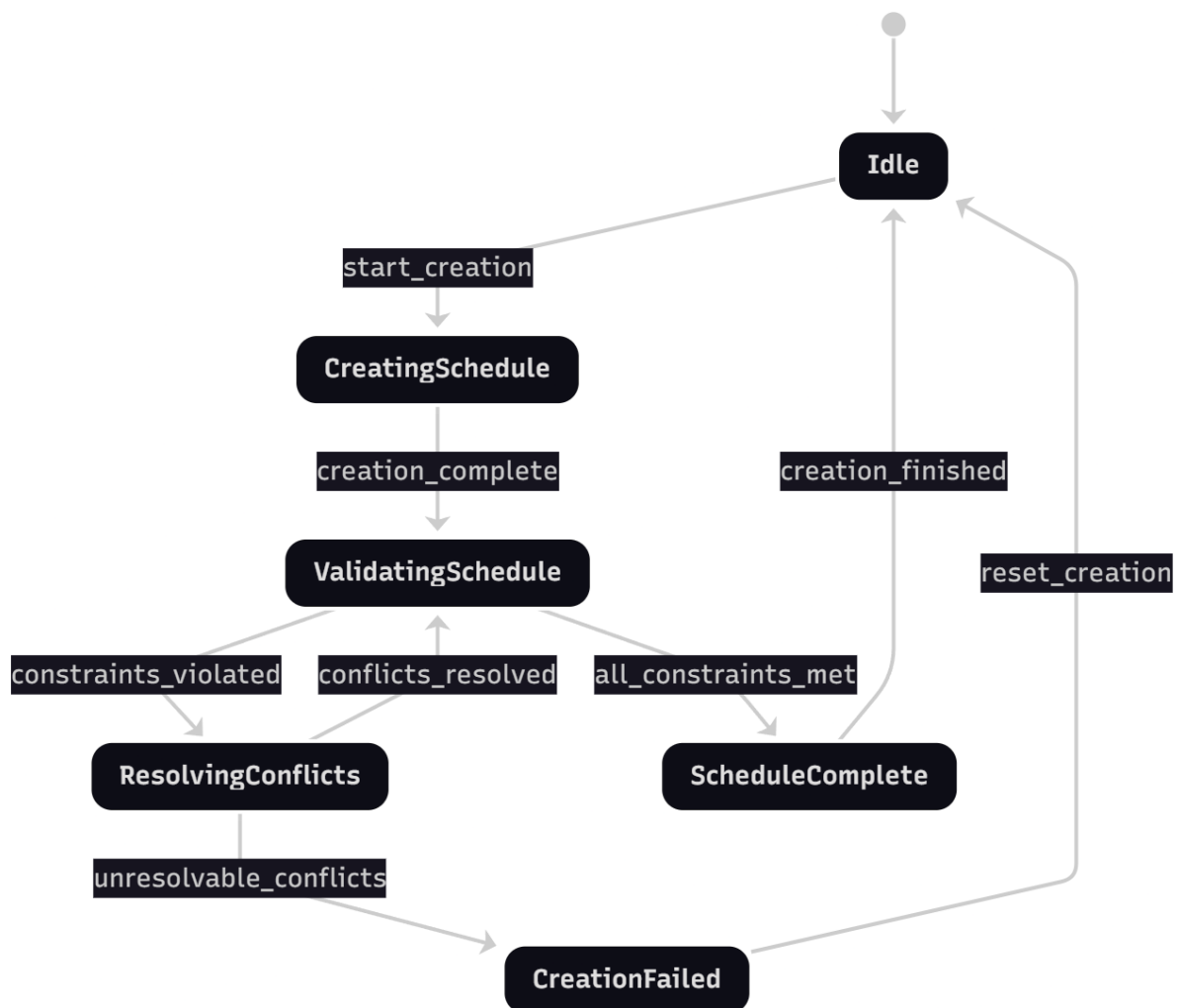
- Cambios regulatorios imprevistos en las pautas de ANEP que requieran modificaciones urgentes
- Resistencia al cambio por parte de docentes o personal administrativo
- Escasez de recursos técnicos o presupuestarios para mantenimiento a largo plazo
- Aparición de software competidor con mejores funcionalidades o precios más competitivos
- Vulnerabilidades de ciberseguridad que comprometan datos sensibles de la institución
- Posibles conflictos institucionales por asignación horaria automatizada
- Dependencia de la infraestructura tecnológica y conectividad institucional



## 9. Diagramas UML

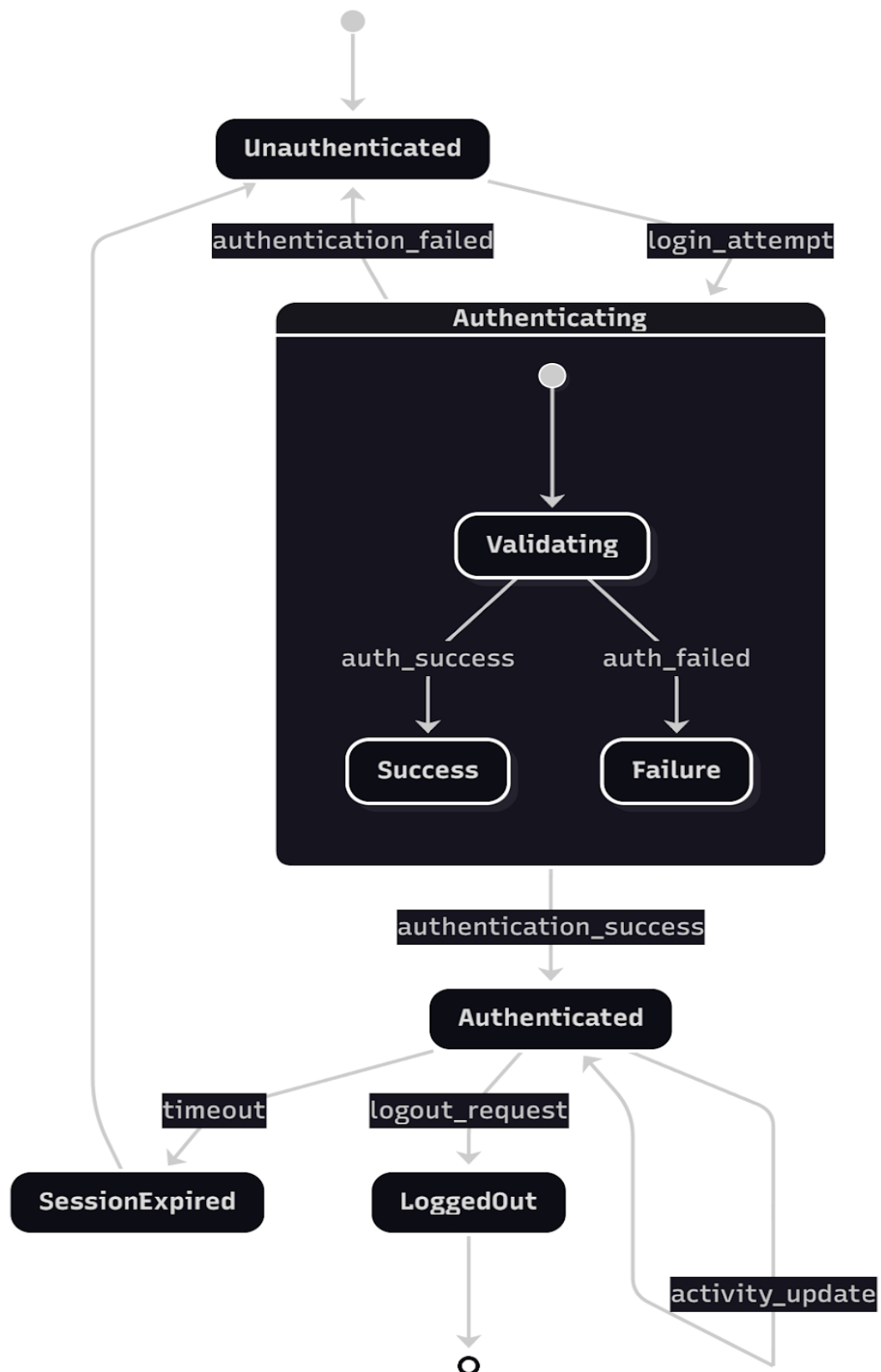
### 9.1. Diagrama de Estado

#### 9.1.1 Estados de Autenticación de Usuario





## 9.1.2 Estados de Asignación de Horarios



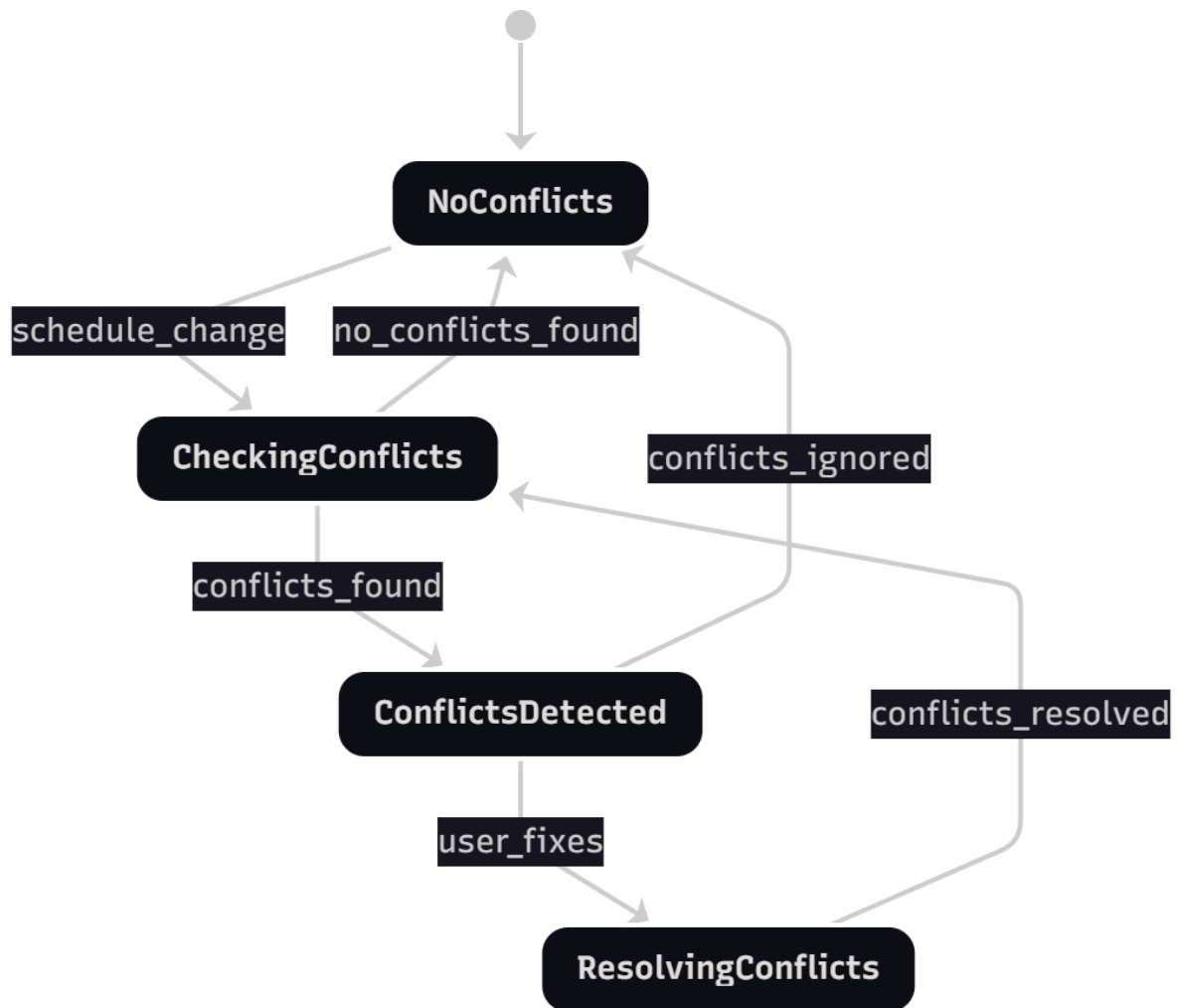


## 9.1.3 Estados de Detección de Conflictos

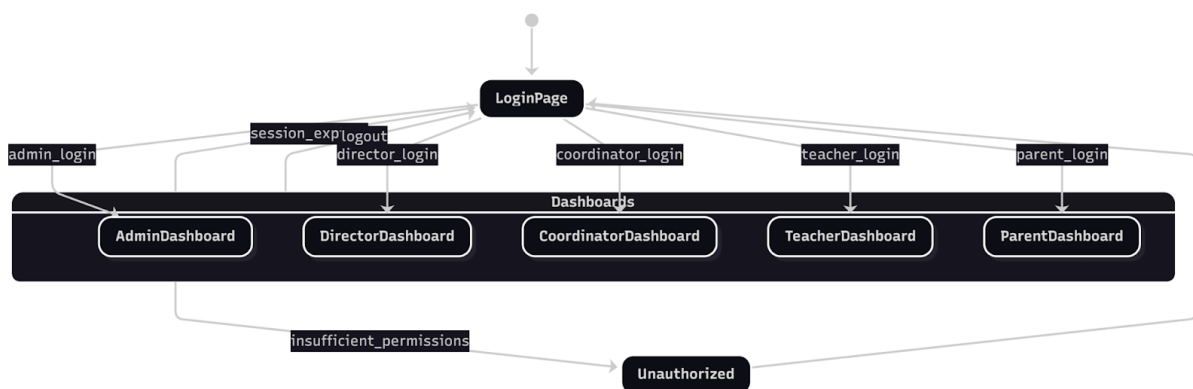




### 9.1.4 Estados de Navegación Basada en Roles

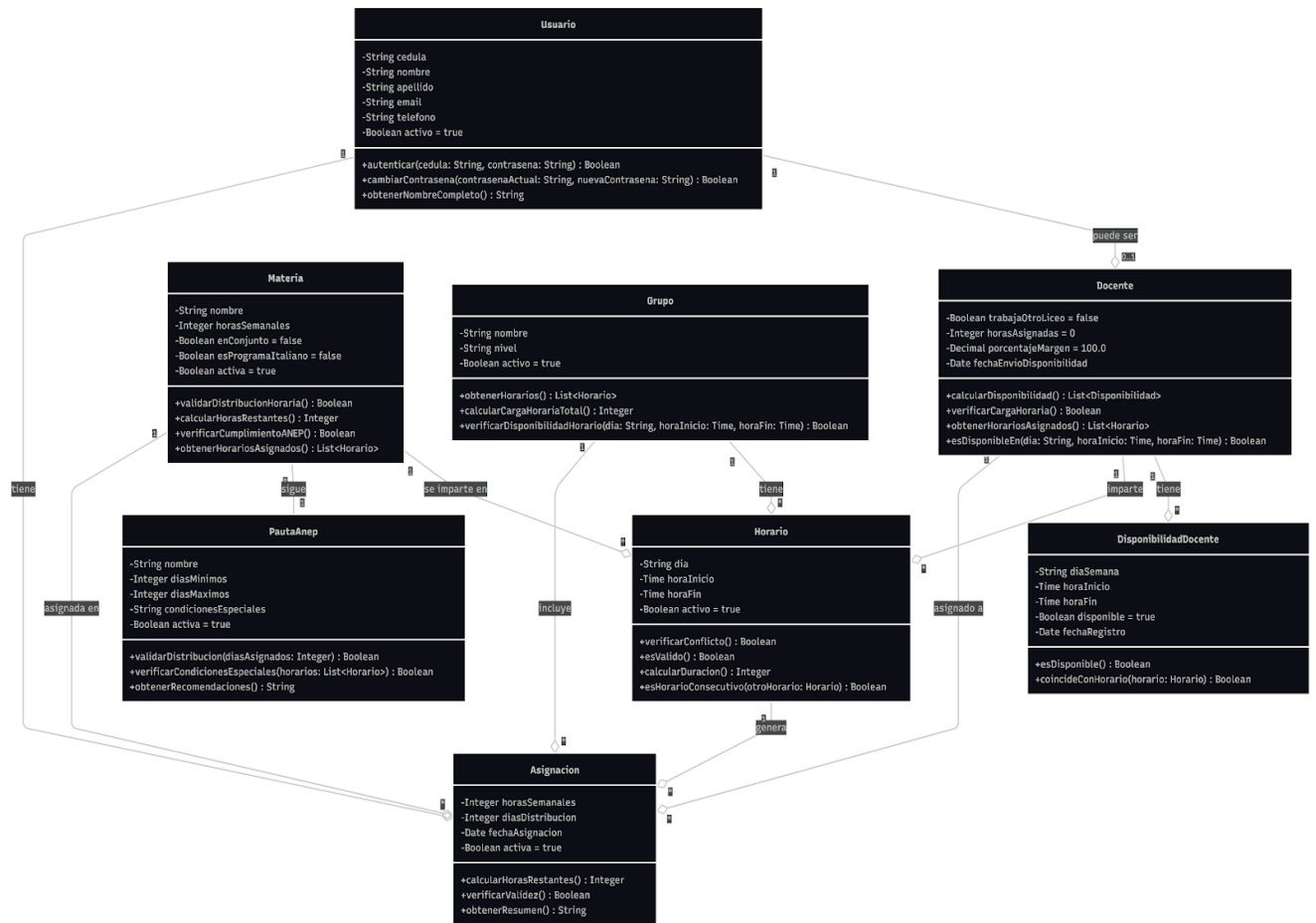


### 9.1.5 Estados del Flujo de Trabajo de Gestión de Horarios





## 9.2. Diagrama de Clases

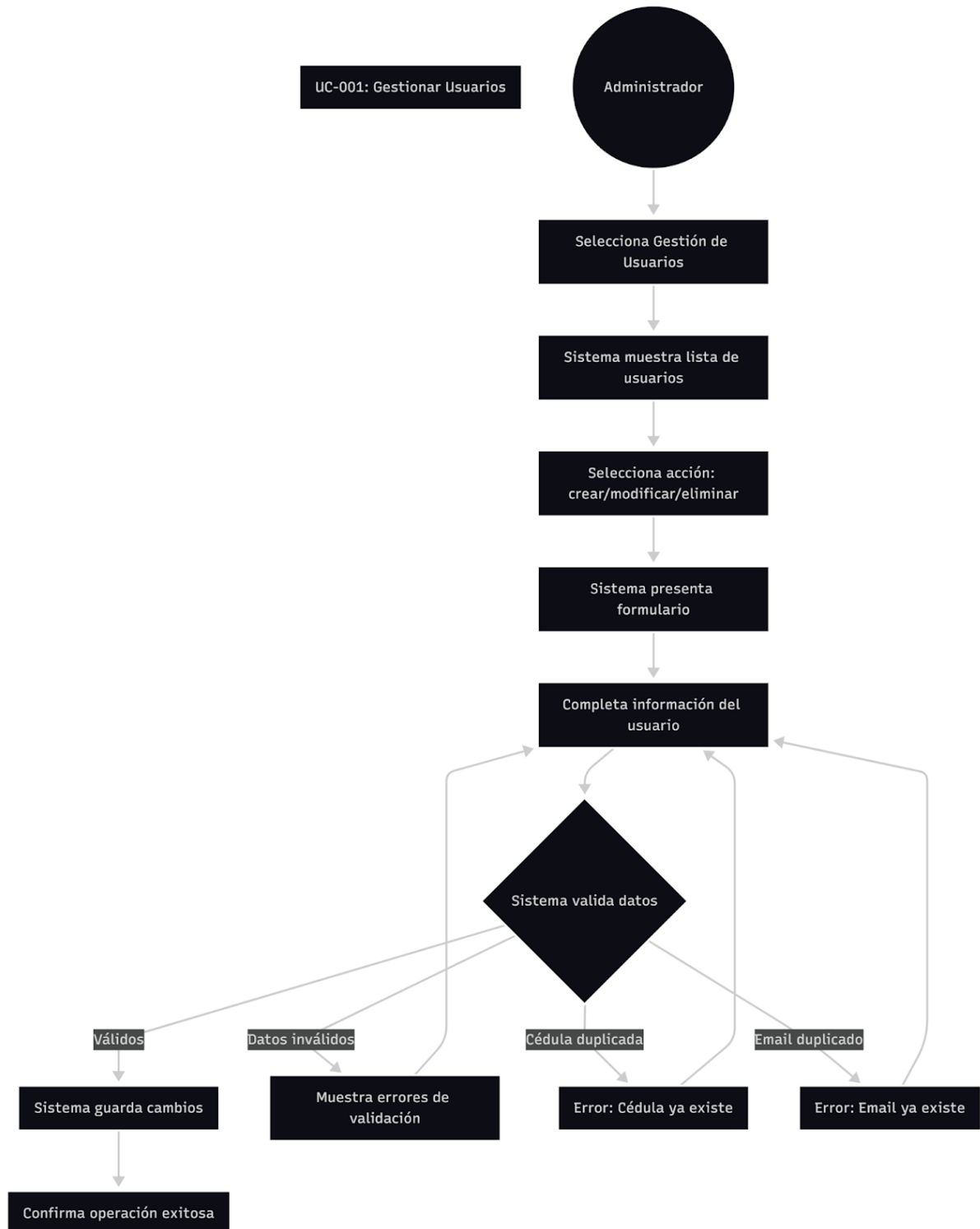


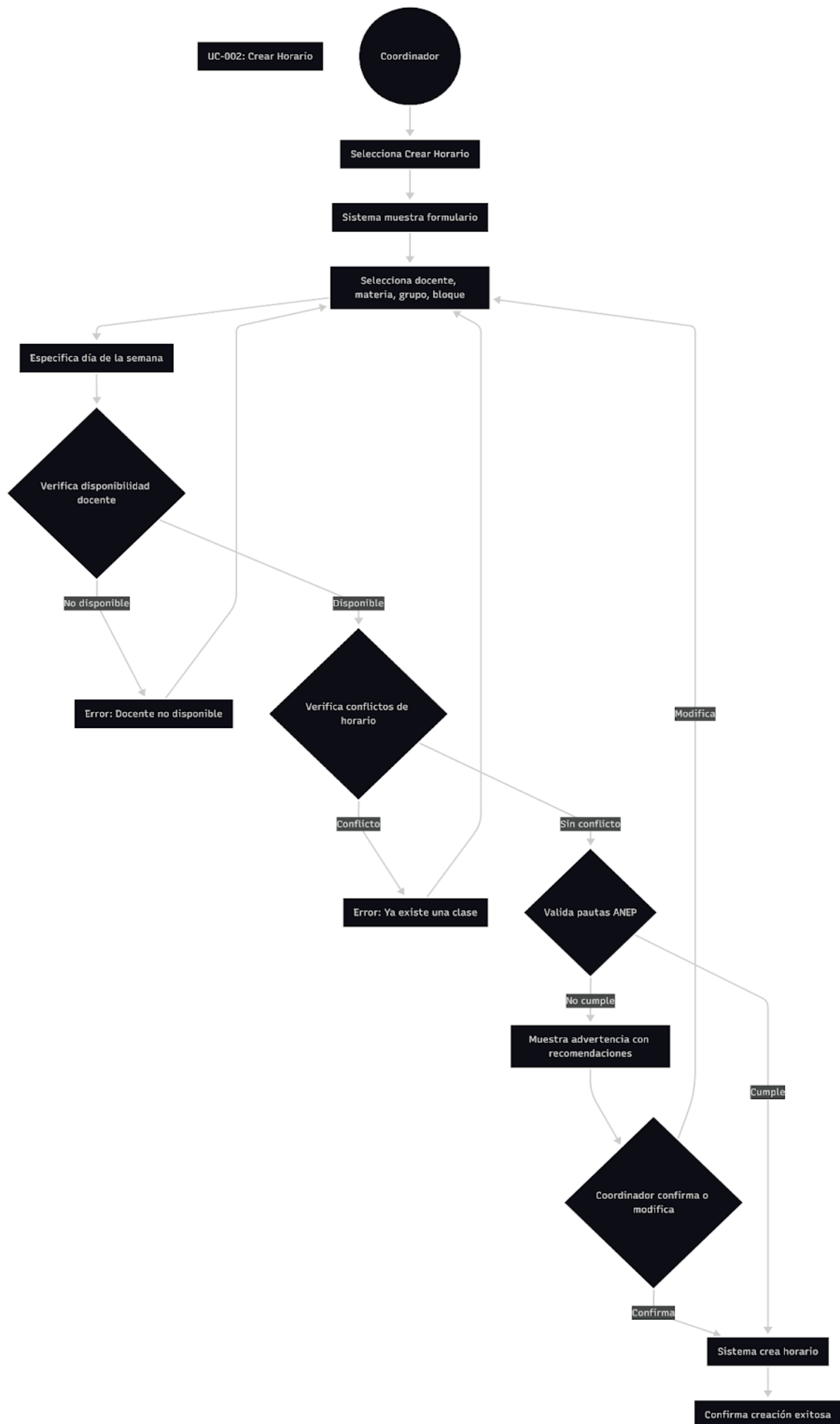


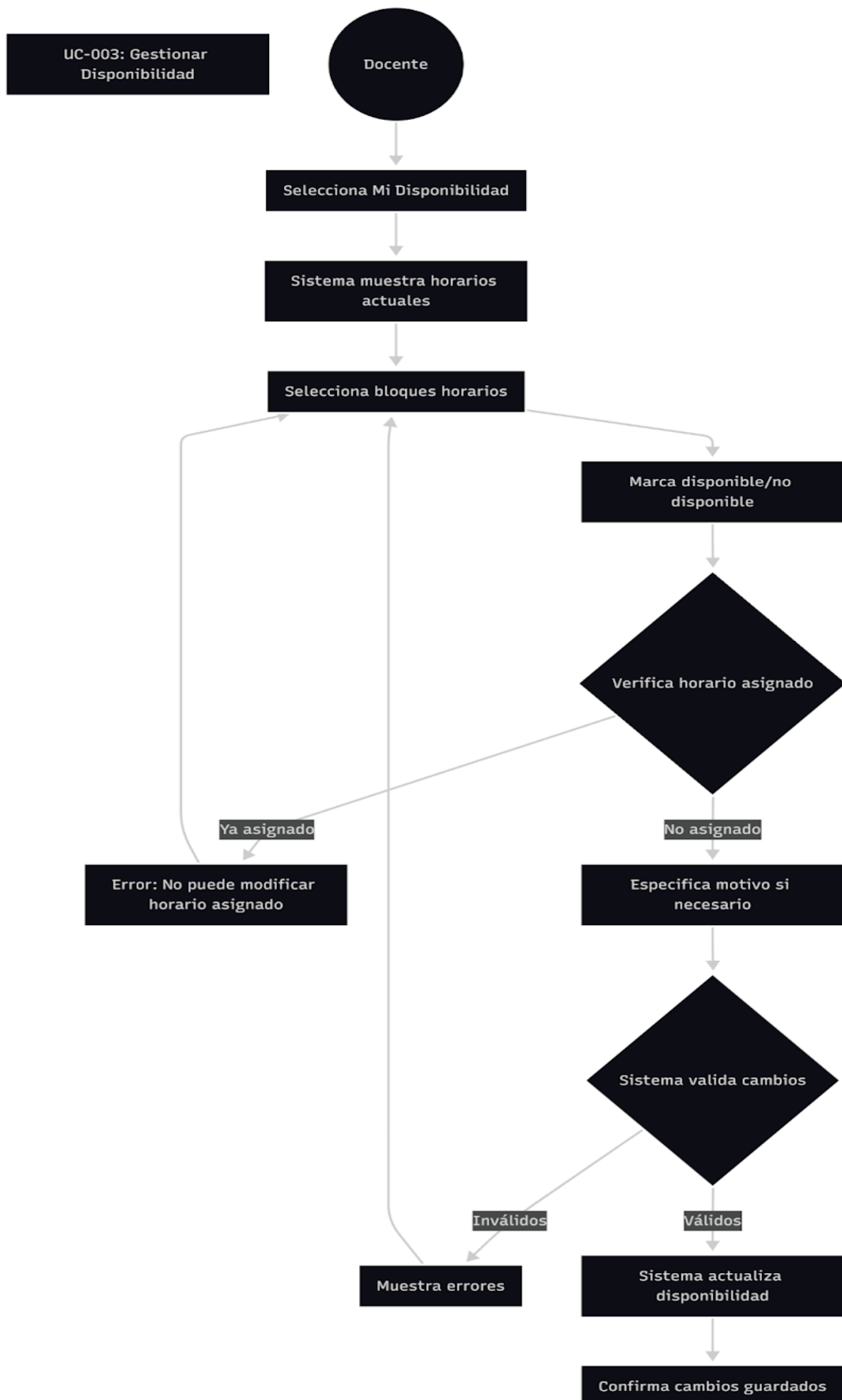


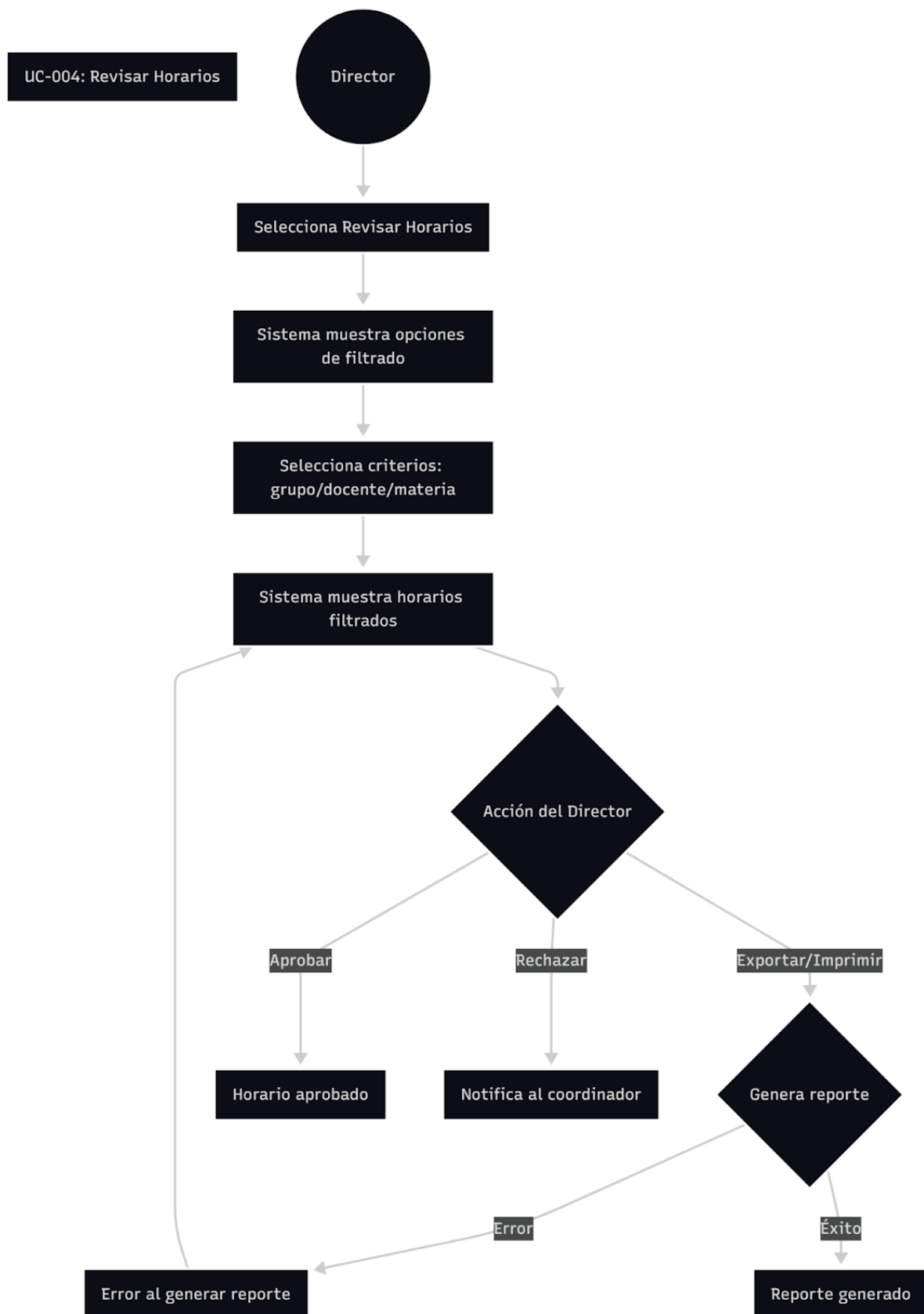
### 9.3. Diagramas de Interacción (Secuencia)

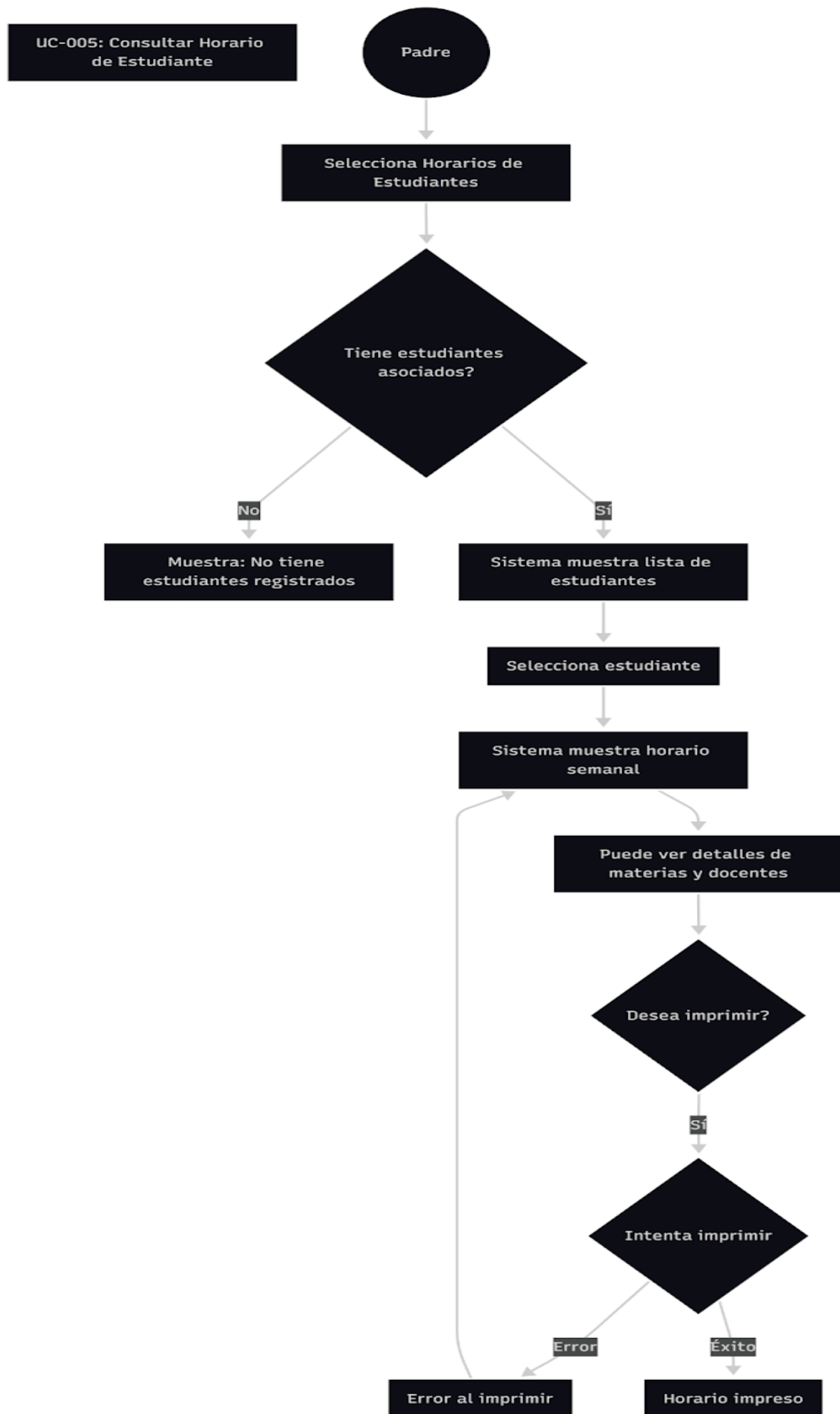
### 9.4. Diagrama de Casos de Uso

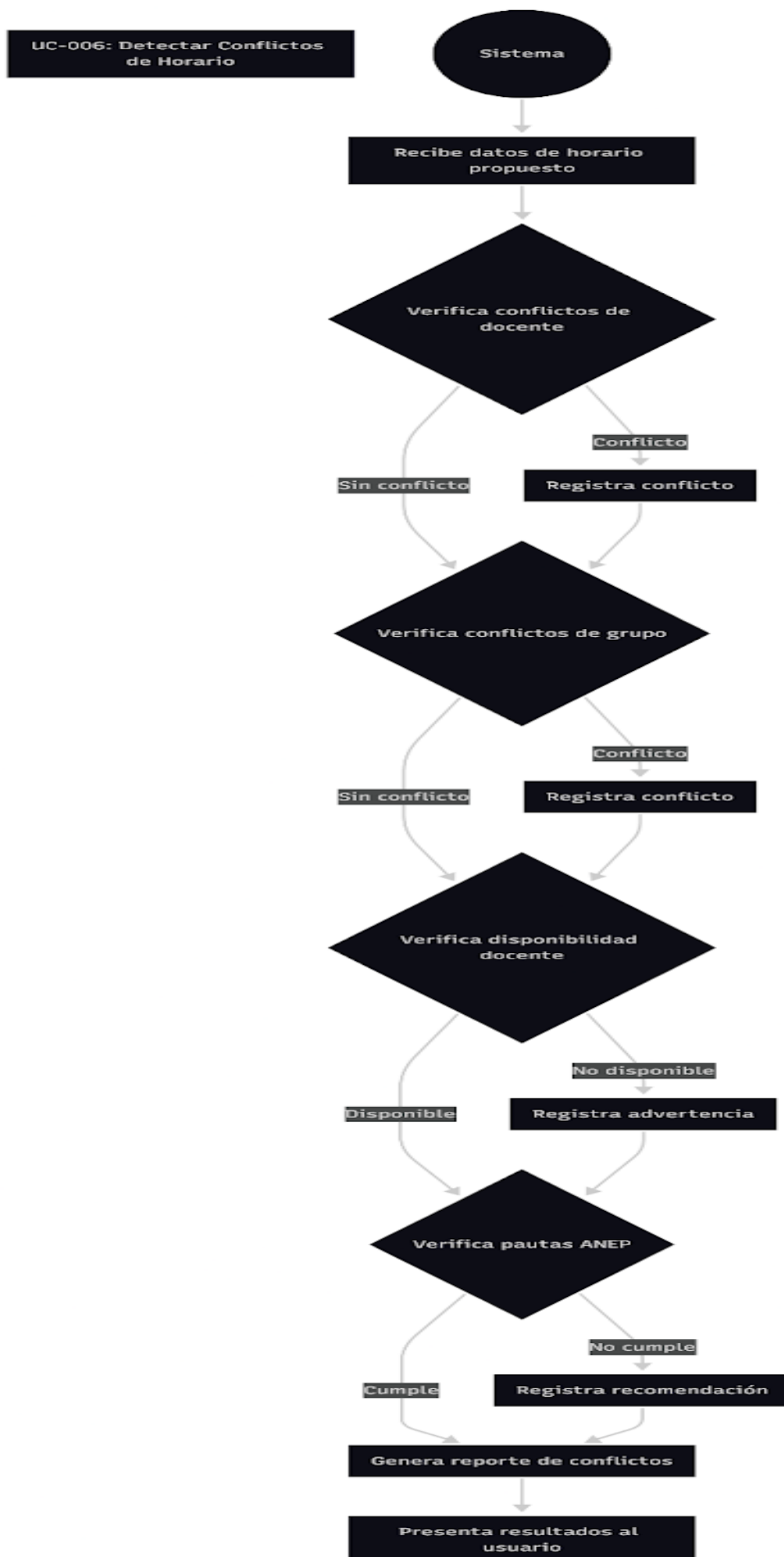


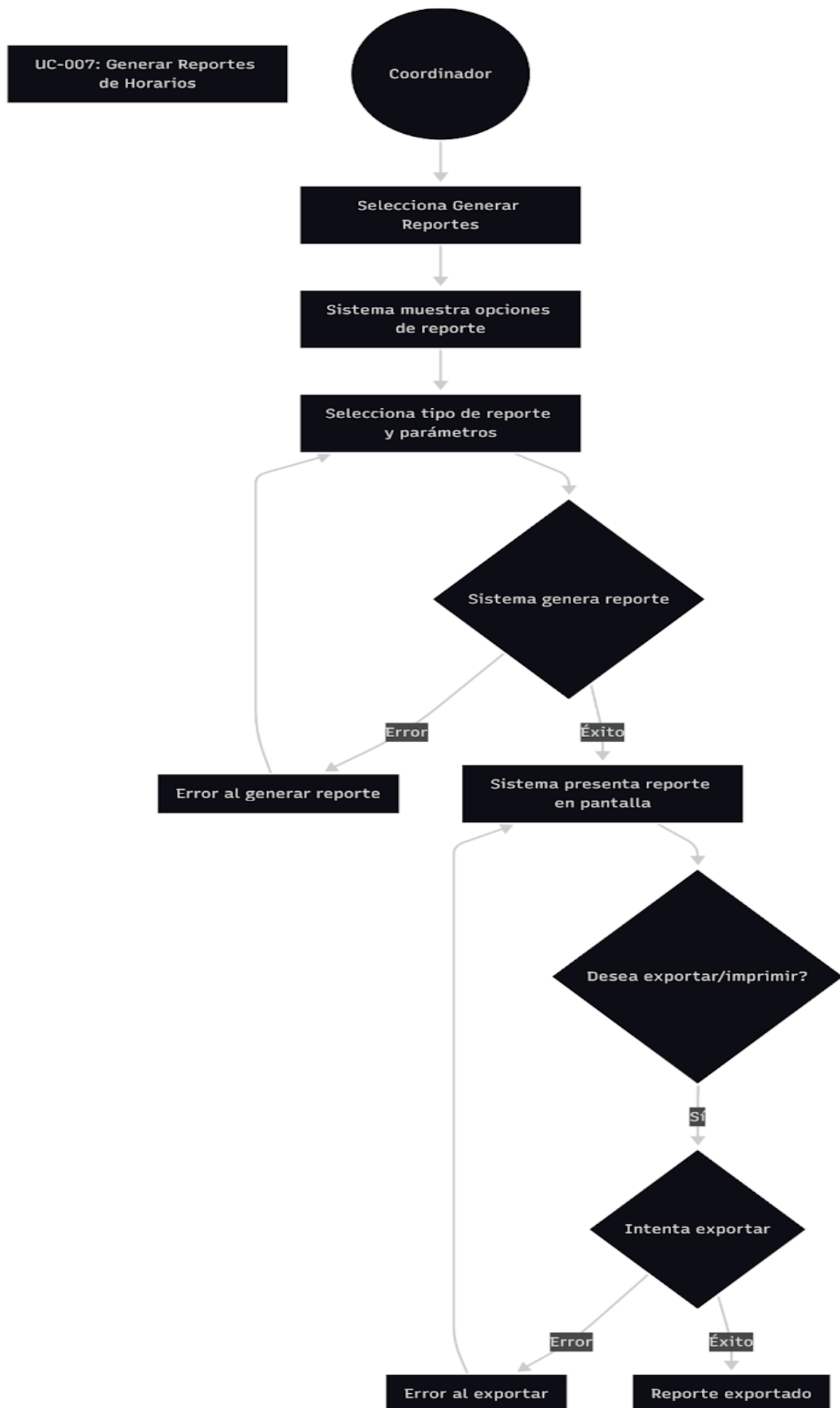














## 10. Métricas de Tamaño - Puntos de Función (Albrecht)

### 10.1 Identificación de Componentes

#### Archivos Lógicos Internos (ILF):

- **Usuarios** (5 roles: Admin, Dirección, Coordinador, Docente, Padre) - Alta complejidad
- **Docentes** (datos personales, asignaturas, disponibilidad, observaciones) - Alta complejidad
- **Asignaturas** (pautas ANEP, configuración conjuntos) - Media complejidad
- **Grupos académicos** - Baja complejidad
- **Horarios** (estructura semanal, asignaciones) - Alta complejidad
- **Observaciones predefinidas** - Baja complejidad
- **Disponibilidades docentes** - Media complejidad

#### Archivos de Interfaz Externa (EIF):

- **Pautas ANEP** (referencia externa) - Baja complejidad
- **Datos estudiantes** (para rol Padre) - Baja complejidad

#### Entradas Externas (EI):

- Gestión docentes (RF043, RF031) - Media complejidad
- Gestión disponibilidad (RF018, RF050) - Alta complejidad
- Creación/edición horarios (RF007, RF047) - Alta complejidad
- Gestión observaciones (RF036-RF039) - Media complejidad
- Gestión asignaturas (RF044) - Media complejidad
- Gestión usuarios/permisos - Media complejidad
- Registro constancias (RF040, RF041) - Baja complejidad



**Salidas Externas (EO):**

- Reportes horarios (RF009, RF051, RF052) - Media complejidad
- Constancias PDF (RF040, RF041) - Alta complejidad
- Dashboard por rol (RF095) - Alta complejidad
- Visualización horarios (RF096, RF097) - Media complejidad
- Reporte conflictos (RF011) - Media complejidad

**Consultas Externas (EQ):**

- Consulta disponibilidad docente - Media complejidad
- Consulta horarios por grupo/docente - Media complejidad
- Búsqueda/filtrado docentes (RF024, RF025, RF080) - Media complejidad
- Consulta asignaciones/carga horaria (RF029, RF030) - Baja complejidad



## 10.2 Cálculo de Puntos de Función Sin Ajustar

Componente	Tipo	Complejidad	Peso	Cantidad	Total
Usuarios	ILF	Alta	15	1	15
Docentes	ILF	Alta	15	1	15
Asignaturas	ILF	Media	10	1	10
Horarios	ILF	Alta	15	1	15
Observaciones	ILF	Baja	7	1	7
Grupos	ILF	Baja	7	1	7
Gestión Docentes	EI	Media	4	6	24
Gestión Horarios	EI	Alta	6	8	48
Gestión Disponibilidad	EI	Alta	6	5	30
Gestión Observaciones	EI	Media	4	4	16
Gestión Asignaturas	EI	Media	4	3	12
Reportes Horarios	EO	Media	5	4	20
Constancias PDF	EO	Alta	7	2	14
Dashboard	EO	Alta	7	1	7
Consultas Horarios	EQ	Media	4	4	16
Consultas Docentes	EQ	Media	4	5	20
<b>TOTAL PFSA</b>					<b>276</b>



### 10.3 Factor de Ajuste (AF)

#### Evaluación de Características Generales (0-5):

1. **Comunicación de datos:** 4 (Múltiples front-end, protocolo único)
2. **Funciones distribuidas:** 2 (Datos preparados para transferencia)
3. **Rendimiento:** 4 (Requisitos estrictos requieren análisis)
4. **Configuraciones utilizadas:** 3 (Requisitos específicos procesador)
5. **Frecuencia transacciones:** 3 (Periodo punta diario conocido)
6. **Entradas online:** 4 (24-30% transacciones interactivas)
7. **Eficiencia usuario:** 4 (6+ características con diseño específico)
8. **Actualizaciones online:** 3 (Actualización importante ILFs)
9. **Procesos complejos:** 3 (3 componentes complejos)
10. **Reutilización:** 2 (<10% código reusable)
11. **Facilidad instalación:** 3 (Guías desarrolladas y probadas)
12. **Facilidad operación:** 2 (Procesos eficientes con intervención)
13. **Múltiple instalación:** 1 (Múltiples lugares, entorno idéntico)
14. **Facilidad cambio:** 3 (Consultas complejas y cambios inmediatos)

**Total TDI = 4+2+4+3+3+4+4+3+3+2+3+2+1+3 = 41**

**AF = 0.65 + (0.01 × 41) = 1.06**

### 10.4 Puntos de Función Ajustados

**PFA = PFSA × AF = 276 × 1.06 = 293 PF**



## 2. Conversión a Líneas de Código

Para PHP (lenguaje backend principal):

- Ratio promedio: 53 LOC/PF
- **KLOC estimado =  $293 \times 53 = 15,529 \text{ LOC} = 15.53 \text{ KLOC}$**

Frontend adicional (JavaScript/Tailwind): ~8,000 LOC

Total estimado: ~23,500 LOC

## 3. Métricas de Esfuerzo - COCOMO II

### 3.1 Modelo Post-Arquitectura

Ecuación base:

- $MM = A \times (\text{Tamaño})^B \times \prod E_{Mi}$
- $A = 2.94$  (para proyectos post-arquitectura)
- $B = 1.0997$  (para 17 factores de escala)

Factores de Escala (SFj):

- $PREC = 3.72$  (alto precedente)
- $FLEX = 3.04$  (muy alta flexibilidad)
- $RESL = 4.24$  (muy alta arquitectura/riesgos)
- $TEAM = 3.29$  (muy alta cohesión equipo)
- $PMAT = 3.12$  (muy alta madurez proceso)

$$B = 0.91 + 0.01 \times \sum SF_j = 0.91 + 0.01 \times 17.41 = 1.0841$$

### 3.2 Esfuerzo Sin Ajustar

$$MM = 2.94 \times (15.53)^{1.0841} = 2.94 \times 18.92 = 55.62 \text{ personas-mes}$$



### 3.3 Multiplicadores de Esfuerzo (EMi)

#### Factores significativos:

- RELY (confiabilidad): 1.10 (alto - sistema crítico)
- DATA (tamaño BD): 1.08 (alto - múltiples entidades)
- CPLX (complejidad): 1.17 (muy alto - interfaz rica + reglas negocio)
- RUSE (reutilización): 0.91 (alto)
- DOCU (documentación): 1.00 (nominal)
- TIME (restricciones tiempo): 1.11 (alto)
- ACAP (capacidad analistas): 0.85 (muy alto)
- PCAP (capacidad programadores): 0.88 (muy alto)
- PCON (experiencia plataforma): 0.90 (alto)
- AEXP (experiencia aplicación): 0.90 (alto)
- LTEX (experiencia herramientas): 0.91 (alto)
- TOOL (uso herramientas): 0.90 (alto)

$$\prod E_{Mi} = 1.10 \times 1.08 \times 1.17 \times 0.91 \times 1.11 \times 0.85 \times 0.88 \times 0.90 \times 0.90 \times 0.91 \times 0.90 = 0.61$$

### 3.4 Esfuerzo Ajustado

$$MM \text{ ajustado} = 55.62 \times 0.61 = 33.93 \text{ personas-mes}$$



## 4. Tiempo de Desarrollo

$$TDEV = 3.67 \times (MM)^{(0.28 + 0.2 \times (B - 0.91))}$$

$$TDEV = 3.67 \times (33.93)^{(0.28 + 0.2 \times (1.0841 - 0.91))}$$

$$TDEV = 3.67 \times (33.93)^{(0.28 + 0.03482)} = 3.67 \times (33.93)^{0.31482}$$

$$TDEV = 3.67 \times 3.24 = 11.89 \text{ meses}$$

## 5. Métricas de Productividad

### 5.1 Productividad del Proyecto

- $PF/mes = 293 \text{ PF} / 11.89 \text{ meses} = 24.64 \text{ PF/mes}$
- $PF/persona-mes = 293 \text{ PF} / 33.93 \text{ MM} = 8.63 \text{ PF/persona-mes}$
- $LOC/persona-mes = 23,500 \text{ LOC} / 33.93 \text{ MM} = 693 \text{ LOC/persona-mes}$

### 5.2 Tamaño del Equipo

- $\text{Equipo promedio} = MM / TDEV = 33.93 / 11.89 = 2.85 \text{ personas}$
- Equipo recomendado: 3 personas (equipo actual - ÓPTIMO)

## 6. Métricas de Calidad

### 6.1 Basadas en Puntos de Función

- Densidad defectos esperada: 0.05 defectos/PF
- Defectos totales esperados:  $293 \times 0.05 = 14.65 \text{ defectos}$
- Esfuerzo corrección: 0.4 personas-mes/defecto

### 6.2 Cobertura de Pruebas

- Cobertura objetivo: 80% (RNF específico)
- Casos de prueba estimados:  $1.5 \text{ casos/PF} = 440 \text{ casos}$



## 7. Métricas de Costos

### 7.1 Costo por Punto de Función

- Costo desarrollo efectivo: \$0 USD (voluntario)
- Costos operativos anuales: \$1,700 USD
- Costo por PF =  $\$1,700 / 293 \text{ PF} = \$5.80 \text{ USD/PF}$

### 7.2 Costo por Línea de Código

- Costo por LOC =  $\$1,700 / 23,500 \text{ LOC} = \$0.07 \text{ USD/LOC}$

## 8. Métricas de Documentación

### 8.1 Documentación por PF

- Páginas documentación técnica: 180 páginas
- Páginas por PF =  $180 / 293 = 0.61 \text{ páginas/PF}$

### 8.2 Documentación de usuario

- Manual usuario: 35 páginas
- Guías rápidas: 25 páginas
- Total documentación usuario: 60 páginas



## 9. Análisis de Complejidad por Módulo

### 9.1 Distribución de Esfuerzo

Módulo	% Esfuerzo	PF Estimados	Complejidad
Gestión Horarios	35%	103 PF	Muy Alta
Gestión Docentes	25%	73 PF	Alta
Interfaz Usuario	20%	59 PF	Alta
Gestión Usuarios/Permisos	12%	35 PF	Media
Reportes/Constancias	8%	23 PF	Media

### 9.2 Puntos Críticos

- **Interfaz edición horarios (RF100):** 15% del esfuerzo total
- **Sistema de roles/permisos:** 12% del esfuerzo
- **Gestión disponibilidad docente:** 10% del esfuerzo
- **Detección conflictos (RF011):** 8% del esfuerzo

## 10. Métricas de Riesgo

### 10.1 Indicadores de Riesgo Técnico

- **Complejidad técnica:** ALTA (interfaz rica + reglas negocio)
- **Dependencias externas:** MEDIA (pautas ANEP)
- **Requerimientos no funcionales:** ALTA (accesibilidad, rendimiento)
- **Experiencia equipo:** ALTA (mitiga riesgos)





## 10.2 Factor de Estabilidad

- **Requerimientos estables:** 85% (buena especificación)
- **Riesgo tecnológico:** 20% (tecnologías conocidas)
- **Riesgo de recursos:** 15% (equipo estable)

## 11. Recomendaciones Estratégicas

### 11.1 Gestión del Proyecto

- **Fase 1 (Meses 1-4):** Core system (usuarios, docentes, asignaturas)
- **Fase 2 (Meses 5-8):** Gestión horarios + interfaz básica
- **Fase 3 (Meses 9-12):** Interfaz avanzada + reportes

### 11.2 Control de Calidad

- **Revisiones código:** Semanales para componentes >200 LOC
- **Pruebas automatizadas:** 70% cobertura mínima
- **Pruebas usabilidad:** Con usuarios reales desde mes 6

### 11.3 Métricas de Seguimiento

- **Velocidad:** 24 PF/mes objetivo
- **Calidad:** <0.1 defectos/PF en testing
- **Avance:** 90% de funcionalidades críticas en 8 meses



## 12. Resumen Ejecutivo

Métrica	Valor	Evaluación	Justificación
Puntos de Función	293 PF	Mediano-Alto	Interfaz compleja + múltiples roles
Esfuerzo Total	33.93 PM	Moderado	Equipo de 3 personas por 11.9 meses
Duración	11.89 meses	Adecuado	Alineado con complejidad técnica
Productividad	8.63 PF/PM	Buena	Estándar para proyectos educativos
Tamaño Equipo	3 personas	Óptimo	Máxima eficiencia para complejidad
Costo por PF	\$5.80 USD	Excelente	Recursos académicos + voluntariado
ROI	Muy Alto		Solución vs proceso manual actual

## 13. Conclusión Final

### VIABILIDAD TÉCNICA: ALTA

- El tamaño (293 PF) es manejable para equipo de 3 personas
- La duración (11.9 meses) es realista para la complejidad
- Stack tecnológico apropiado y conocido

### VIABILIDAD ECONÓMICA: MUY ALTA

- Costos operativos mínimos (\$1,700 USD/año)
- ROI institucional muy favorable
- Recursos en especie maximizan eficiencia

**RECOMENDACIÓN: PROYECTO FACTIBLE**

Las métricas demuestran que Chronos es técnicamente viable y económicamente sostenible, con un equipo adecuado y planificación realista.

## 10. Anexos

### 10.1 Git



<https://github.com/bocho8/chronos>



hoja testigo