



¿Cómo determinar la asignación óptima de recursos limitados cuando existen múltiples alternativas para utilizarlos?

Inmaculada Lecubarri Alonso

Cuaderno del estudiante

IKD baliabideak 6 (2013)

INDICE

1) CONTEXTO DE LA ASIGNATURA	3
2) PROBLEMA ESTRUCTURANTE	6
3) ACTIVIDADES	11
4) PROGRAMA DE ACTIVIDADES: CUADERNO DEL ALUMNO	14
5) PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LAS ACTIVIDADES.....	41
6) ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN	43
7) ANEXOS	48

1) Contexto de la asignatura

1.1) Datos de la asignatura

Los datos más relevantes de la asignatura y de la profesora:

Universidad	UPV/EHU	Centro	EUITI (Bilbao)
Grado	Ingeniería Informática de Gestión y Sistemas de Información		
Departamento	Matemática Aplicada		
Asignatura	Investigación Operativa	Curso	1º
Cuatrimestre	2º	Créditos	6
Grupo	01	Nº Estimado de alumnos	50
Profesora	Inmaculada Lecubarri Alonso	@ mail	inmaculada.lecubarri@ehu.es

Horas/Semana de cada Modalidad Docente			
Clases Magistrales	Prácticas de Aula	Prácticas de Ordenador	TOTAL
2	1	1	4

HORAS DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE DOCENCIA

TIPOS DE DOCENCIA (MODALIDAD DOCENTE)	TRABAJO PRESENCIAL	TRABAJO NO PRESENCIAL (estimación)	TOTAL
MAGISTRAL (M)/ 50 alumnos	30	30	60
PRÁCTICAS DE AULA (GA)/50 alumnos	15	30	45
PRÁCTICAS DE ORDENADOR (PO)/25 alumnos	15	30	45
TOTAL	60	90	150

1.2) Temario de la asignatura

Tema 1: Introducción a la Investigación Operativa. Modelos.

Se presenta la Investigación Operativa como un conjunto amplio de técnicas que sirven para ayudar a una organización en la toma de decisiones; para ello se introduce el concepto de modelo simbólico con el que trabajan comúnmente los gerentes.

Tema 2: Programación Lineal. El método Simplex.

Se presenta la programación matemática como un procedimiento analítico para determinar la asignación óptima de recursos limitados cuando existen múltiples alternativas para utilizarlos y

se da a conocer el método de resolución de problemas de PL más usado, el algoritmo del Simplex.

Tema 3: Dualidad. Análisis de sensibilidad.

Se introduce la dualidad en la programación lineal y se establecen los problemas duales en forma canónica, estándar y mixta. En el análisis de sensibilidad se muestra la influencia de los cambios realizados en la formulación de un problema en la solución óptima del mismo.

Tema 4: Introducción a la Programación Lineal Entera.

La relajación de las condiciones de integralidad no conduce a la obtención de resultados satisfactorios, lo que remarca la trascendencia de la programación lineal entera y de los distintos métodos de resolución.

Tema 5: Problemas especiales de Programación Lineal.

Se exponen algunos problemas clásicos de programación lineal que tienen un tratamiento diferenciado: modelos de transporte, asignación, distancia mínima entre dos puntos, flujo máximo, problema de la mochila, etc.

Tema 6: Introducción a la Programación no Lineal.

Se realiza aquí una somera introducción, al ser un tema de mucha envergadura, a la programación no lineal, pues las funciones que intervienen en muchos problemas sobre toma de decisiones son no lineales.

Tema 7: Pronósticos.

Se describen modelos cuantitativos de predicción, divididos en modelos causales y modelos de series temporales, analizadas exclusivamente desde el punto de vista clásico: ajuste de la tendencia y de la estacionalidad y predicción mediante métodos de alisado.

Tema 8: Teoría de colas.

Después de introducir la terminología adecuada, se estudian las principales colas de Poisson, para luego ser utilizadas en el contexto de la optimización desde el punto de vista económico de los sistemas de espera.

Tema 9: Simulación de Montecarlo.

El tratamiento de muchos modelos que se aplican en la Investigación Operativa suele ser, en ocasiones, extremadamente dificultoso. En esos casos se opta por la simulación de Monte Carlo. Se trata aquí el tema de forma introductoria, empezando por el estudio de los métodos de generación de números aleatorios y finalizando con su aplicación en diversos problemas concretos.

PRÁCTICAS CON EXCEL

Práctica 1: Modelos.

Práctica 2: Programación lineal.

Práctica 3: Programación lineal entera.

Práctica 4: Problemas especiales de programación lineal.

Práctica 5: Pronósticos.

Práctica 6: Teoría de colas

Práctica 7: Simulación

1.3) Competencias

Competencias previas recomendadas

CP1. Ser capaz de comprender el problema que se plantea para resolver.

CP2. Dominar las operaciones matemáticas básicas.

CP3. Aplicar con soltura las operaciones matriciales (resolución práctica y numérica) a matrices de orden arbitrario pero finito: álgebra elemental, determinantes, rango, matrices regulares, etc.

CP4. Saber resolver ecuaciones e inecuaciones lineales utilizando los métodos adecuados, con especial atención a las aplicaciones a los problemas de ingeniería.

CP5. Dominio básico del cálculo diferencial, derivación (considerando métodos operacionales y numéricos) para aplicarlo significativamente en la comprensión de situaciones problemáticas propias de la ingeniería.

CP6. Conocimiento básico de la hoja de cálculo EXCEL.

Competencias generales del grado relacionadas con la asignatura

CG. Capacidad para saber comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión de Ingeniero Informático.

Competencia basada en la C. General de la Titulación:

Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones.

Capacidad para saber comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión de Ingeniero Informático.

Competencias específicas de la asignatura

CIO1. Desarrollar el conocimiento básico sobre optimización de sistemas lineales (bajo diferentes formulaciones) y el análisis de sensibilidad a variaciones en los parámetros del modelo, para aplicarlo significativamente en la comprensión de situaciones problemáticas propias de la ingeniería.

CIO2. Emplear coherentemente el conocimiento procedimental asociado a la metodología científica en la resolución de situaciones problemáticas, tanto numéricas, como de simulación o de lápiz y papel: realizar análisis cualitativo y cuantitativo, emitir hipótesis, elaborar estrategias alternativas y analizar resultados.

CI03. Trabajar con información correspondiente a procesos de ingeniería relativos a la investigación de operaciones. Analizar y comunicar correctamente las ideas usando el lenguaje oral, escrito, gráfico y matemático.

CI04. Trabajar eficientemente en grupo para adoptar decisiones en el desarrollo de las tareas propuestas.

2) Problema Estructurante

¿Cómo determinar la asignación óptima de recursos limitados cuando existen múltiples alternativas para utilizarlos?

La empresa ABB tiene dos líneas de productos. Una de ellas se dedica a la fabricación de robots industriales, que se utilizan de manera primordial en industria automovilística y la otra línea está destinada al diseño y construcción de transformadores eléctricos de potencia. Ambas líneas comparten los recursos de los departamentos de ingeniería, fabricación y montaje. Hasta el momento estos departamentos han trabajado de forma autónoma, con sus propias metas y sistemas de valores.

ABB, con el fin de mantener una posición competitiva en el mercado, ha considerado como política operativa que se deberá establecer una relación interdepartamental, respetando el acuerdo con los sindicatos en relación con las horas totales de trabajo. Por primera vez, los tres departamentos tienen que reunirse, analizar y determinar sus necesidades y objetivos prioritarios, de forma que las decisiones tomadas por uno de ellos no puedan ir en detrimento de otro.

Teniendo en cuenta las previsiones de demanda correspondientes al siguiente mes, la dirección de la empresa prevé que durante ese periodo será posible vender todos los productos que las dos líneas sean capaces de fabricar. Por tanto, el departamento de análisis deberá programar la producción para el mes próximo. Es decir ¿cuántas unidades de cada línea de productos deberá fabricar si desea maximizar las ganancias?

2.1) Temas relacionados con el problema estructurante

Tema 2: Programación Lineal. El método Simplex.

Tema 3: Dualidad. Análisis de sensibilidad.

Tema 4: Introducción a la Programación Lineal Entera.

Tras presentar la programación lineal como un procedimiento analítico para determinar la asignación óptima de recursos limitados cuando existen múltiples alternativas para utilizarlos, se comienza el tema 2 realizando, en dos variables, mediante el método gráfico, una clara introducción de la PL.

Se formulan problemas concretos que servirán de preámbulo al algoritmo Simplex, dando respuesta a las preguntas: ¿Siempre es posible aplicar el método Simplex?, ¿El valor óptimo

del problema puede estar no acotado?, ¿La solución óptima es única?, ¿Se puede mejorar la solución obtenida?, ¿Existen otros métodos de resolución? ¿Cuáles? Para continuar destacando la resolución, mediante la herramienta Solver de la hoja de cálculo EXCEL, de problemas PL de más de dos variables y la importancia del estudio de los informes de respuestas, de límites y de sensibilidad que nos permitirán interpretar los resultados obtenidos.

Esta interpretación de los resultados continuará en el tema 3. En primer lugar, la dualidad en PL y más concretamente las relaciones entre el problema primal y dual facilitará, en determinados problemas, la obtención de la solución óptima de uno de ellos cuando se conoce la solución óptima del otro, y nos servirá para presentar, a partir de la tabla óptima del Simplex, el método dual del Simplex, que será utilizado posteriormente. En segundo lugar, el análisis de la optimalidad de la solución frente a variaciones continuas de los datos nos permitirá conocer su estabilidad.

Hasta este momento se han resueltos problemas que admiten una solución óptima real y debemos preguntarnos si es posible aplicar los mismos métodos cuando el problema nos exija una solución entera. En el tema 4 se mostrará como el intento de resolver un problema PL entero relajando las condiciones de integridad rara vez produce resultados satisfactorios, aunque este procedimiento sea la base de algunos algoritmos de programación entera. Por último, resolveremos estos problemas de programación lineal entera utilizando la hoja de cálculo EXCEL.

2.2) Origen y justificación del problema con el temario de la asignatura

La complejidad de los problemas que se presentan en las organizaciones ya no encaja en una sola disciplina del conocimiento, se han convertido en multidisciplinares por lo cual para su análisis y solución requieren grupos compuestos por especialistas de diferentes áreas del conocimiento que logran comunicarse con un lenguaje común.

Precisamente la Programación Lineal es la aplicación, por estos grupos interdisciplinares, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones, a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización.

El problema estructurante planteado es un problema de planificación de la producción. Los distintos departamentos de la empresa deberán coordinar las actividades, de acuerdo a sus disponibilidades, para programar la producción del próximo mes, con el fin de mantener una posición competitiva en el mercado y obtener máximos beneficios.

2.3) Competencias de la titulación, objetivos de enseñanza y resultados de aprendizaje de cada tema

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN QUE INCLUYEN LOS TEMAS 2, 3 y 4	
CIO1	Desarrollar el conocimiento básico sobre optimización de sistemas lineales (bajo diferentes formulaciones) y el análisis de sensibilidad a variaciones en los parámetros del modelo, para aplicarlo significativamente en la comprensión de situaciones problemáticas propias de la ingeniería.

CIO2	Emplear coherentemente el conocimiento procedimental asociado a la metodología científica en la resolución de situaciones problemáticas, tanto numéricas, como de simulación o de lápiz y papel: realizar análisis cualitativo y cuantitativo, emitir hipótesis, elaborar estrategias alternativas y analizar resultados.
CIO3	Trabajar con información correspondiente a procesos de ingeniería relativos a la investigación de operaciones. Analizar y comunicar correctamente las ideas usando el lenguaje oral, escrito, gráfico y matemático.
CIO4	Trabajar eficientemente en grupo para adoptar decisiones en el desarrollo de las tareas propuestas.

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA PARA EL TEMA 2

OB2.1	Comprender que el proceso humano de la toma de decisiones, que habitualmente se realiza mediante la intuición, requiere de una "metodología" para que sea lo más eficaz posible.
OB2.2	Reconocer las situaciones prácticas a las que aplicar los procedimientos estandarizados de la PL, valorando su importancia como "método eficaz" para resolver importantes problemas en la industria, economía,...
OB2.3	Prestar la máxima atención y cuidado en la correcta interpretación de los enunciados y en el planteamiento del problema.
OB2.4	Conocer los distintos algoritmos de resolución de los problemas PL identificando en cada situación concreta el más adecuado para su utilización en la búsqueda de la solución óptima
OB2.5	Determinar la existencia o no de solución óptima y si ésta existe, si es o no única.
OB2.6	Adquirir un sentido crítico ante las soluciones óptimas encontradas mediante la utilización de los métodos presentados.
OB2.7	Trabajar en grupo para resolver las situaciones y problemas de forma cooperativa.
OB2.8	Realizar informes (orales/escritos) utilizando la terminología propia del tema.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE PARA EL TEMA 2

RA2.1	Identificar los problemas prácticos donde aplicar la metodología de la Programación Lineal.
RA2.2	Dominar la terminología propia de la Programación Lineal.
RA2.3	Saber representar (en dos variables) la región factible generada por las restricciones de carácter lineal y la función objetivo.
RA2.4	Conocer el Teorema fundamental de la Programación Lineal y aplicarlo para calcular analíticamente la solución del problema, evaluando la función objetivo en los vértices de la región factible.
RA2.5	Saber plantear un problema de programación lineal partiendo de un enunciado en términos generales.
RA2.6	Conocer el método de resolución de problemas de PL más usado: el algoritmo del Simplex.

RA2.7	Identificar los problemas que surgen al aplicar el Simplex y solventarlos utilizando el método de penalización o el de las dos fases.
RA2.8	Utilizar la herramienta Solver de la hoja de cálculo EXCEL para resolver problemas PL de más de dos variables.
RA2.9	Interpretar la optimalidad de la solución, frente a variaciones continuas de los datos, mediante el análisis de sensibilidad con la hoja de cálculo EXCEL.
RA2.10	Participar de forma constructiva y comprometida en la dinámica del equipo.

La correlación entre las competencias de la titulación que incluye el tema 2, los objetivos y los resultados de aprendizaje y se muestra en la siguiente tabla:

COMPETENCIA	OBJETIVOS	RESULTADO DE APRENDIZAJE
CIO1	OB2.1	RA2.1
		RA2.2
CIO2	OB2.2	RA2.3
	OB2.3	RA2.4
	OB2.4	RA2.5
	OB2.5	RA2.6
	OB2.6	RA2.7
		RA2.8
	RA2.9	
CIO3	OB2.1	RA2.1
	OB2.2	RA2.2
	OB2.6	RA2.3
	OB2.8	RA2.9
CIO4	OB2.7	RA2.10
	OB2.8	

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA PARA EL TEMA 3

OB3.1	Conocer distintos algoritmos de resolución de los problemas PL identificando en cada situación concreta el más adecuado para su utilización en la búsqueda de la solución óptima
OB3.2	Dominar la teoría de la Dualidad: Relación problemas Primal y Dual, Teoremas fundamentales de la dualidad y teorema de la holgura complementaria.
OB3.3	Adquirir un sentido crítico ante las soluciones encontradas, en función de su optimalidad frente a variaciones continuas de los datos.
OB3.4	Trabajar en grupo para resolver las situaciones y problemas de forma cooperativa.
OB3.5	Realizar informes (orales/escritos) utilizando la terminología propia del tema.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE PARA EL TEMA 3	
RA3.1	Dominar la terminología propia de la Dualidad de la Programación Lineal.
RA3.2	Conocer las reglas transformación primal-dual y la relación entre las soluciones de ambos problemas.
RA3.3	Conocer el método de resolución: Algoritmo Dual del Simplex.
RA3.4	Identificar si los cambios en los coeficientes del problema dejan inalterada la solución obtenida y, de no ser así, saber obtener con eficacia una nueva solución óptima.
RA3.5	Interpretar la optimalidad de la solución, frente a variaciones continuas de los datos, mediante el análisis de sensibilidad con la hoja de cálculo EXCEL.
RA3.6	Participar de forma constructiva y comprometida en la dinámica del equipo.

La correlación entre las competencias de la titulación que incluye el tema 3, los objetivos y los resultados de aprendizaje y se muestra en la siguiente tabla:

COMPETENCIA	OBJETIVOS	RESULTADO DE APRENDIZAJE
CIO1	OB3.1	RA3.1
CIO2	OB3.2	RA3.2
CIO3	OB3.3	RA3.3
		RA3.4
		RA3.5
CIO4	OB3.4	RA3.6
	OB3.5	

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA PARA EL TEMA 4	
OB4.1	Conocer la trascendencia de la Programación Lineal Entera.
OB4.2	Asumir que la relajación de las condiciones de integrabilidad no conduce a la obtención de resultados satisfactorios.
OB4.3	Determinar la existencia o no de solución óptima entera.
OB4.4	Trabajar en grupo para resolver las situaciones y problemas de forma cooperativa.
OB4.5	Realizar informes (orales/escritos) utilizando la terminología propia del tema.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE PARA EL TEMA 4	
RA4.1	Dominar la terminología propia de la Programación Lineal Entera y conocer los distintos métodos de resolución.
RA4.2	Utilizar la herramienta Solver de la hoja de cálculo EXCEL para resolver problemas PLE.
RA4.3	Participar de forma constructiva y comprometida en la dinámica del equipo.

La correlación entre las competencias de la titulación que incluye el tema 4, los objetivos y los resultados de aprendizaje y se muestra en la siguiente tabla:

COMPETENCIA	OBJETIVOS	RESULTADO DE APRENDIZAJE
CIO1	OB4.1	RA4.1
CIO2	OB4.2	RA4.2
CIO3	OB4.3	
CIO4	OB4.4 OB4.5	RA4.3

3) Actividades

A la hora de confeccionar las actividades hay que tener presente que se trata de una asignatura de segundo curso (segundo cuatrimestre) de la titulación de Grado en Ingeniería Informática de Gestión y Sistemas de Información. Los estudiantes han cursado previamente las asignaturas de Cálculo, Análisis Matemático, Álgebra, Matemática Discreta, Estadística y Economía y Administración de Empresas. Por ello, conceptos como optimización y modelización de sistemas reales son ya conocidos, al igual que el cálculo matricial y el manejo de ecuaciones e inecuaciones gráficamente.

Para mí no son alumnos desconocidos, en su primer Curso Académico les he impartido alguna de las asignaturas del Departamento de Matemática Aplicada. Al inicio de esa asignatura de primero les realizo una *encuesta de expectativas y necesidades de formación* con objeto de conocer cómo se enfrentan los alumnos a las asignaturas de matemáticas e intentar suplir algunas posibles carencias de formación y tratar de motivarlos. Esta encuesta contiene preguntas con respuestas breves y una parte de comentarios libres. Está programada en Moodle, se realiza de forma individual y no lleva una evaluación asociada.

En el diseño del cuaderno del alumno, para cada actividad se ha incluido un pequeño resumen, en forma de tabla, que recoge la siguiente información:

ACTIVIDAD Nº	
Presencial / No presencial	Tiempo estimado
Individual / En grupo	
Tipo de Actividad	C1 Pre-test de conocimientos que indica el punto de partida de los estudiantes
	C2 Presenta un escenario-problema con objeto de que los estudiantes puedan tomar conciencia del tema que van a trabajar.
	C3 Presenta el interés que puede tener el escenario-problema que involucra a los estudiantes en las actividades.
	C4 Hace que los estudiantes realicen un planteamiento cualitativo del problema, que les invita a realizar hipótesis, antes de aplicar directamente fórmulas o leyes.
	C5 Hace explícitas las preconcepciones de los estudiantes.
	C6 Hace que los estudiantes propongan diferentes estrategias de resolución, incluyendo la aplicación de leyes y principios.

	C7	Hace que analicen los resultados obtenidos, estudiando su coherencia respecto a las hipótesis emitidas y el cuerpo de conocimiento estudiado en clase.
	C8	Tiene como objetivo una retroalimentación de lo que se ha aprendido, sin esperar a finalizar el tema. Puede ser una actividad de evaluación.
	C9	Evaluación que pone la atención en que los estudiantes tengan que escribir párrafos justificativos de sus conclusiones y valora la expresión escrita.
	C10	Pone la atención en aplicaciones tecnológicas de importancia en el desarrollo profesional.
	C11	Define diferentes tipos de Evaluación (cuestión, post-test, problema abierto) y criterios de evaluación en relación a los indicadores de aprendizaje.
Resultados de aprendizaje		
Resumen de la actividad que el estudiante tiene que desarrollar.		

3.1) Actividad en Grupo: Tamaño y criterios para formarlos

En cuanto a los grupos, en base a la documentación consultada y comprobado por nuestra experiencia, el número ideal de miembros es de 3. Los Grupos de tres miembros, por ser pequeños suelen ser más fáciles de gestionar, ya que el número de problemas de relación suele ser proporcional al número de sus componentes. Además, en un grupo de 3 se nota mucho cuando alguno de ellos no contribuye a la realización de los trabajos, reduciendo los casos de "escaqueo".

Respecto a la metodología para formar los grupos, tras haber realizado varias pruebas, me he inclinado por formarlos aleatoriamente, con una pequeña flexibilidad, dando a los alumnos la opción de comunicarme previamente, si tuvieran algún problema excepcional de incompatibilidad personal. Según mi experiencia, los grupos formados por compañeros que no son "amigos", funcionan mejor, ya que son más exigentes en el cumplimiento de las tareas asignadas y suelen perder menos el tiempo. Además, son más parecidos a los *equipos de trabajo profesionales*.

Es importante, explicar bien a los alumnos los motivos para adoptar estos criterios de formación de grupo, para que se sientan más implicados. Igualmente, habrá que consultar con otros profesores, de otras asignaturas, si ellos también forman grupos de trabajo, en cuyo caso trataré de consensuar una metodología común, para que los grupos alcancen una cierta madurez y un óptimo grado de rendimiento.

La dinámica del trabajo en grupo o en equipo exige de sus miembros:

- Fijar objetivos y normas de funcionamiento.
- Reparto de roles y responsabilidades (reuniones, actas, documentación,...)
- Reparto de tareas y su planificación.
- Actualización continua de la Carpeta del Grupo (Portafolios).

Los grupos o equipos, deben establecer sus reglas de funcionamiento y plantearse una distribución de roles (anexo 1).

Se les sugiere la siguiente distribución de responsabilidades:

- **Portavoz:** Se comunicará con el profesor sobre el funcionamiento del grupo o equipo y se encargará del envío de documentos a través de Moodle.
- **Secretario:** Realizará las actas de las reuniones, en las que deberá reflejar todas las incidencias y los acuerdos adoptados.
- **Moderador:** Velará por el aprovechamiento adecuado y ordenado del tiempo.

En principio, no es aconsejable imponer roles, sino que los roles deberían surgir de forma espontánea de la interrelación entre los miembros del grupo, en base a las capacidades predominantes de cada uno de ellos (creatividad, liderazgo, organización,...). No obstante, creo importante establecer un turno rotatorio, del establecimiento de responsabilidades, para que todos ellos adquieran una mínima experiencia en su desempeño y puedan evaluar el grado de cumplimiento de sus compañeros.

Un aspecto importante que deben vigilar entre todos, es el cumplimiento puntual de las tareas encomendadas a cada uno de sus miembros, debiendo adoptar, cuanto antes, las medidas oportunas en el caso de incumplimiento. Se realizarán encuestas para verificar el correcto seguimiento de la dinámica de grupo (anexo 2).

El trabajo realizado lo expondrá uno de los miembros del grupo elegido por el propio grupo de forma rotativa. Responderá a las preguntas que se le planteen y se responsabilizará de la nota obtenida por todo el grupo, en la actividad correspondiente.

3.2) Componentes del aprendizaje cooperativo

En la elección de las actividades he tenido presente las cinco componentes del aprendizaje cooperativo.

Interdependencia positiva

Cada estudiante tendrá un rol específico, lo que propiciará la interdependencia. Todos deben preocuparse por que los miembros de su grupo sean capaces de identificar, formular y resolver problemas de Programación Lineal. El volumen de trabajo estará ajustado de manera que se necesiten entre sí para poder realizar la actividad programada en el tiempo especificado.

Es decir, la interdependencia positiva se estructura por el acuerdo de los miembros del grupo de consensuar las respuestas y estrategias de solución de cada actividad programada (interdependencia de objetivos) y de cumplir las responsabilidades del rol asignado (interdependencia del rol).

Exigibilidad individual

El grupo necesita saber quién necesita más ayuda para terminar la tarea, y los miembros del grupo necesitan saber que no pueden 'colgarse' del trabajo de otros. Los estudiantes deben establecer el procedimiento para que todos los miembros del grupo conozcan todo el trabajo desarrollado y sean capaces de exponerlo y de responder a las preguntas que puedan surgir.

Tras la entrega de la carpeta del grupo, si tuviera sospecha sobre el grado de participación de algún alumno, realizaré preguntas individuales sobre algún aspecto del trabajo presentado. Los procedimientos establecidos para el desarrollo del trabajo en grupo condicionarán, en gran parte, a que ningún estudiante pueda desentenderse del trabajo asignado.

Interacción cara a cara

Las actividades a realizar (elaboración de la documentación escrita y exposición oral del trabajo realizado por el grupo), exigen la interacción cara a cara. Esta interacción cara a cara es positiva en el sentido de que los estudiantes se ayudan, se asisten, se animan y se apoyan para realizar las actividades programadas.

Habilidades interpersonales y de trabajo en grupo

Para el funcionamiento efectivo de un grupo se requieren *habilidades cooperativas*. Los estudiantes deben poseer y utilizar el necesario liderazgo y capacidades de decisión, de generar confianza, de comunicación y de gestión de conflictos.

Por ello, al comienzo del curso dedicaré una sesión de clase a iniciar a los alumnos en los fundamentos del trabajo en grupo o equipo, realizando alguna pequeña actividad de tipo puzzle y/o debate, para concienciarles de la importancia de una correcta metodología de trabajo en equipo. Además les pediré que acuerden unas reglas de funcionamiento del grupo (anexo 1), unas actas de reuniones (anexo 4) y una encuesta de autoevaluación y coevaluación del trabajo en grupo (anexo 2), para poder corregir posibles problemas.

Reflexión sobre el trabajo realizado

Al final de cada sesión de trabajo el grupo analizará su funcionamiento contestando dos cuestiones:

- (1) ¿Qué hizo cada uno que sea de utilidad al grupo?
- (2) ¿Qué podría hacer cada miembro para que el grupo funcionara aun mejor mañana?

Este autoanálisis posibilitará que el grupo se centre en su mantenimiento como tal grupo y facilitará el aprendizaje de habilidades cooperativas, asegurando que los miembros reciben *feedback* de su participación.

4) Programa de Actividades: Cuaderno del Alumno

4.1) Tema 2: Programación Lineal. El método Simplex.

Introducción

¿Cómo emplear el método científico en la toma de decisiones en sistemas complejos?

En este apartado se va a presentar cómo trabaja la PL, qué teorías emplea y dónde radica su interés.

ACTIVIDAD Nº 2.1	
Presencial	Tiempo estimado 30 minutos
Individual y en grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C5	
Resultados de Aprendizaje: RA2.1, RA2.10	
Esta actividad acaba con una breve puesta en común y la profesora explica los contenidos de los temas 2, 3, 4 y 5 (hilo conductor del problema estructurante)	

A2.1. Lee atentamente el problema. Comenta con tus compañeros del grupo los factores importantes tratando de dar respuesta a las preguntas de la ficha guía. Finalmente, escribid vuestras conclusiones.

La empresa ABB tiene dos líneas de productos. Una de ellas se dedica a la fabricación de robots industriales, que se utilizan de primordialmente en la industria automovilística y la otra línea está destinada al diseño y construcción de transformadores eléctricos de potencia. Ambas líneas comparten los recursos de los departamentos de ingeniería, fabricación y montaje. Hasta el momento estos departamentos han trabajado de forma autónoma, con sus propias metas y sistemas de valores. Esta falta de comunicación ha generado en más de una ocasión importantes retrasos en las entregas debido a la disponibilidad horaria de los operarios de cada uno de los departamentos.

ABB, con el fin de mantener una posición competitiva en el mercado, ha considerado como política operativa que se deberá establecer una relación interdepartamental, respetando el acuerdo con los sindicatos en relación con las horas totales de trabajo. Por primera vez, los tres departamentos tienen que reunirse, analizar y determinar sus necesidades y objetivos prioritarios, de forma que las decisiones tomadas por uno de ellos no puedan ir en detrimento de otro.

Teniendo en cuenta las previsiones de demanda correspondientes al siguiente mes, la dirección de la empresa prevé que durante ese periodo será posible vender todos los productos que las dos líneas sean capaces de fabricar.

¿Qué factores crees que deben ser tenidos en cuenta, por el departamento de análisis, para programar la producción del mes próximo?

Interés: En la actividad A2.1 se pretende que los estudiantes se den cuenta que en la toma de decisiones es necesario investigar acerca de los elementos intervinientes en el problema, y las relaciones entre ellos, para poder proponer un **plan de producción óptimo**, que evidencien la necesidad de una metodología para que la toma de decisiones sea lo más eficaz posible; es decir, el desarrollo del método científico.

Recursos:

1. Cuestionario guía para el debate

¿Es necesario conocer las ganancias netas que aportan la fabricación de robots industriales y la de los transformadores eléctricos de potencia?

¿Qué recursos pueden ser compartidos por los departamentos de ingeniería, fabricación y montaje?

¿Se necesita comprobar que los productos "funcionan" correctamente antes de ser distribuidos?

¿Qué datos posee la empresa sobre este proceso de fabricación?

¿Se han recibido pedidos nuevos para plantearse este estudio de producción?

2. ANEXO 1. Normas de funcionamiento del grupo

Construcción del Modelo PL

¿Cómo construir un modelo matemático que represente un problema real?

En este apartado se representará mediante un modelo matemático un problema real de planificación de la producción, se identificarán las características de un problema de programación lineal y sus principios básicos.

ACTIVIDAD Nº 2.2	
Presencial	Tiempo estimado 45 minutos
Individual y en grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4,C5	
Resultados de Aprendizaje: RA2.2, RA2.5, RA2.10	
Esta actividad acaba con una breve puesta en común y la profesora presenta el índice del tema	

A2.2. Lee atentamente el problema. Construye un "modelo matemático" que represente el proceso de producción de la empresa. Comenta con tus compañeros del grupo. Finalmente, escribid vuestras conclusiones.

En la reunión de los departamentos de ingeniería, fabricación y montaje de la empresa ABB se llega a conclusión de la necesidad de considerar los siguientes factores importantes:

- *La ganancia que aporta la venta de robots industriales es de 5000 €/u y la de transformadores eléctricos de potencia de 4000 €/u.*
- *Ambas líneas comparten los recursos de los departamentos de ingeniería, fabricación y montaje.*
- *Para la producción del próximo mes, estos tres departamentos cuentan con una disponibilidad horaria de 150, 160 y 210 horas, respectivamente. La fabricación de cada robot requiere de 10 horas en el departamento de ingeniería, 20 horas en fabricación y 30 en montaje, mientras que la un transformador eléctrico requiere 15 horas en ingeniería, 10 en fabricación y 10 en montaje.*
- *Las dos líneas de productos necesitan pasar por una "prueba de verificación" antes de salir al mercado. La empresa cuenta el próximo mes al menos con 135 horas para realizar esta prueba, cada robot es sometido a este chequeo durante 30 horas y cada transformador durante 10 horas.*
- *Con el fin de mantener una posición competitiva en el mercado, ha considerado como política operativa, que se deberá producir cuando menos un transformador eléctrico por cada tres robots.*
- *Por último, uno de los principales clientes ha reservado al menos cinco robots y transformadores (en cualquier combinación) para el próximo mes.*

Interés: En la actividad A2.2 el alumno descubre que un proceso real se puede representar mediante "modelos matemáticos". Que estos modelos matemáticos deben capturar las características esenciales del problema, pero también tienen que ser lo suficientemente simples para ser estudiados mediante técnicas analíticas estándar. También será útil para presentar el índice del tema.

Recursos:

1. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
2. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
3. Pregunta guía presentación actividad posterior

¿Somos capaces de resolver el problema a esta empresa?

Resolución gráfica del Modelo PL

¿Se puede resolver gráficamente este modelo matemático?

En este apartado se desarrolla un procedimiento de resolución, el método gráfico, de un problema en forma canónica con dos variables y se da una interpretación geométrica de los distintos elementos que definen el problema PL.

ACTIVIDAD Nº 2.3	
Presencial	Tiempo estimado 45 minutos
Individual y en grupos de 3	
Tipo de Actividad: C6, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA2.3, RA2.4, RA2.10	
Esta actividad acaba con una breve puesta en común de las conclusiones obtenidas por los grupos y la recogida de los informes elaborados.	

A2.3. ¿Cuántas unidades de cada línea de productos deberán fabricarse si la empresa desea maximizar la ganancia.

Interés: En la actividad A2.3 mediante el método gráfico, se determina la solución óptima al problema de planificación de la producción. El alumno toma conciencia de que puede proporcionar a la dirección de la empresa, mediante un método de resolución gráfico, la respuesta más adecuada a sus necesidades. Además de analizar la unicidad o no de dicha solución.

Conocimientos previos del alumno: Representar gráficamente restricciones lineales, evidenciar la dirección de aumento del gradiente de la función objetivo, identificar la región de factibilidad como un polígono convexo y diferenciar los conceptos de solución ilimitada e ilimitadas soluciones.

Recursos:

1. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
2. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
3. Pregunta guía presentación actividad posterior

Si la ganancia neta que aporta la venta de robots industriales se reduce a 4000€/u, ¿Debemos seguir fabricando el mismo número de robots?

Si el principal cliente cambia su reserva de productos para el mes próximo, ¿Debemos mantener el plan de fabricación?

Análisis gráficos de sensibilidad

¿Cuán estable es la solución gráfica obtenida del modelo matemático?

En este apartado se visualizará gráficamente la forma en que la solución óptima es afectada por variaciones continuas de los datos del modelo lineal, tales como el precio de los componentes de los transformadores o la reserva de su principal cliente.

ACTIVIDAD Nº 2.4	
No Presencial/Presencial	Tiempo estimado 60 + 45 minutos
Individual y en grupos de 3	
Tipo de Actividad: C7, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA2.3, RA2.5, RA2.9, RA2.10	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A2.4. Tras haber resuelto el problema de planificación, la empresa desea conocer si puede reducir el precio de venta de los robots industriales, sin que varíe el plan de producción óptimo establecido.

ACTIVIDAD Nº 2.5	
No Presencial/Presencial	Tiempo estimado 60 + 45 minutos
Individual y en grupos de 3	
Tipo de Actividad: C4, C7, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA2.3, RA2.5, RA2.9, RA2.10	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A2.5. Añadir al modelo PL una nueva restricción que **no** haga variar el plan de producción óptimo.

Añadir al modelo PL una nueva restricción que haga variar el plan de producción óptimo.

Interés: En la actividad A2.4 y A2.5 se muestra el interés que tiene el denominado "*análisis de sensibilidad*". En la práctica, salvo en contadas excepciones, existe una cierta incertidumbre en los valores de los coeficientes del problema, precios de adquisición en el mercado de los aprovisionamientos, cantidades disponibles de ciertos productos, precios de venta que serán fijados por el mercado, unidades de bienes producidas por máquinas que sufren desarreglos periódicos, etc. Con el análisis de la sensibilidad se trata de determinar entre qué valores puede oscilar un coeficiente de un problema PL sin que se modifique el óptimo o si se modifica en qué cuantía lo hace.

Conocimientos previos del alumno: Cálculo de pendientes de rectas y manejo de desigualdades.

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
5. Pregunta guía presentación actividad posterior

Si el modelo matemático presenta más de dos incógnitas

¿Cómo lo puedo resolver?

Algoritmo del Simplex

¿Cuál es la interpretación gráfica de la filosofía del algoritmo Simplex?

En este apartado se presentan las definiciones y teoremas fundamentales que sirven de preámbulo a la introducción del método de resolución de problemas PL más usado, el algoritmo Simplex.

ACTIVIDAD Nº 2.6	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 150 + 90 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C5, C6, C7, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA2.4, RA2.5, RA2.6, RA2.10	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A2.6. Lee atentamente el problema.

Pepe tiene 60 ha. de tierra y piensa trabajarlas junto a sus dos hijos, Cuqui y Canelo.

Cuqui insiste en sembrar espárragos, pues tienen una ganancia neta de 300 €/ha. descontados los gastos que son de 10 €/ha.

Canelo quiere sembrar trigo que tiene una ganancia neta inferior 200 €/ha. pues están escasos de agua y el trigo necesita menos que los espárragos 2 m³/ha contra 4 m³/ha. (disponen para la época crítica de sólo 200 m³ de agua).

Pepe indica que sólo tienen 1200 € para comprar semillas, contratar obreros y otros gastos, así que no les alcanza el dinero para sembrar sólo trigo ya que sus gastos son de 30 €/ha.

Se desea determinar:

- El modelo PL que maximice la ganancia.
- La solución óptima mediante el algoritmo del Simplex.
- Si la solución es única o no.
-

Comenta con tu grupo los resultados obtenidos y escribid vuestras conclusiones.

Interés: En la actividad A2.6 los alumnos, de forma individual, deberán determinar los pasos a seguir en el algoritmo del Simplex para aplicarlos al problema de maximización (búsqueda de información). Evaluarán las sugerencias de los hijos de Pepe, determinarán si una de ellas es mejor que la otra y una vez encontrada la solución óptima del problema por el método Simplex deberán convencer a la familia de que existe otra alternativa de siembra que les proporcionará más beneficios. Estas últimas conclusiones serán abordadas por el grupo de trabajo.

Conocimientos previos del alumno: Cálculo matricial: Operaciones elementales de filas, matrices equivalentes por filas, matrices regulares, matriz inversa,...

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.

2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
5. Pregunta guía presentación actividad posterior

¿Es posible aplicar el Algoritmo Simplex a este nuevo problema? ¿Por qué?

$$\text{Max } Z = 300x_1 + 200x_2$$

$$x_1 + x_2 \geq 60$$

$$10x_1 + 30x_2 \leq 1200$$

$$4x_1 + 2x_2 \leq 200$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Problemas que surgen al aplicar el Algoritmo del Simplex

¿Siempre se puede aplicar el método Simplex?

En este apartado se muestran algunos problemas que pueden surgir al aplicar el método Simplex: Existencia de variables acotadas, imposibilidad de encontrar una solución factible básica inicial.

ACTIVIDAD Nº 2.7	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 150 + 120 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C6, C7, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA2.5, RA2.7, RA2.10	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A2.7. Lee atentamente el problema.

Un tren de mercancías puede arrastrar, como máximo, 28 vagones. En cierto viaje transporta coches y motocicletas. Para coches debe dedicar un mínimo de 12 vagones y la diferencia entre el número de vagones para coches y para motocicletas debe ser inferior o igual a 6.

Si los ingresos de la compañía ferroviaria son 9.000 € por cada vagón de coches, y 6.000 € por cada vagón de motos.

Plantea el modelo de PL que maximice las ganancias. ¿Es posible resolverlo utilizando el método Simplex? ¿Por qué? Determina otros métodos de resolución para encontrar la solución óptima del problema planteado.

Comenta con tu grupo los resultados obtenidos y escribid vuestras conclusiones.

Interés: En la actividad A2.7 los alumnos, de forma individual, deberán identificar cuándo es imposible aplicar el método Simplex por no poder encontrar una solución factible básica inicial y deberán modificar el problema original para poder resolverlo. Los algoritmos que permiten resolver esta cuestión serán abordadas por el grupo de trabajo.

Conocimientos previos del alumno: Los mismos de la actividad A2.6.

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
5. Pregunta guía presentación actividad posterior

*Si el problema PL presenta un número grande de variables
¿Es posible utilizar alguna hoja de cálculo para su resolución? ¿Cómo?*

Resolución mediante hoja de cálculo EXCEL

¿Es posible resolver un problema PL mediante hojas de cálculo?

En este apartado se muestran las pautas a seguir para la resolución de problemas PL mediante la hoja de cálculo EXCEL.

ACTIVIDAD Nº 2.8	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 150 + 60 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C6, C7, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA2.8, RA2.9, RA2.10	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A2.8. Utiliza la herramienta Solver de la hoja de cálculo EXCEL para resolver los problemas descritos en las actividades A2.2, A2.6 y A2.7.

Comenta con tu grupo los resultados obtenidos y escribid vuestras conclusiones.

Interés: En la actividad A2.8 los alumnos, de forma individual, descubrirán la utilidad de utilizar la herramienta Solver de la hoja de cálculo EXCEL para resolver problemas de PL de más de dos variables y el importante estudio del informe de sensibilidad.

Conocimientos previos del alumno: Noción básica de EXCEL. Uso de la función SUMAPRODUCTO para definir el valor de la función objetivo, así como los resultados de las filas de la matriz.

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.

Conclusiones

¿Cómo determinar la asignación óptima de recursos limitados cuando existen múltiples alternativas para utilizarlos?

En este apartado de forma individual identificarán un problema PL en el que se pueda plantear la pregunta anterior. Posteriormente en grupo se elegirá uno para su posterior análisis y resolución.

ACTIVIDAD Nº 2.9	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 150 + 60 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C6, C7, C8, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA2.1, RA2.10	
Esta actividad acaba con la exposición de los problemas PL elegidos por cada uno de los grupos, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de dichos problemas. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A2.9. Redactar un problema de programación lineal que os parezca interesante y aborde los conceptos tratados en la unidad temática.

Interés: Esta actividad pretende reforzar el concepto de *optimización* que subyace en los tópicos que aborda la asignatura de Investigación Operativa y que es una de las necesidades *vitales* del mundo de la empresa.

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
3. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.

Una vez concluida la actividad A2.9, se intercambian los problemas PL descritos en los grupos para realizar la siguiente actividad.

ACTIVIDAD Nº 2.10	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 120 + 60 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C6, C7, C8, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA2.1, RA2.2, RA2.5, RA2.8, RA2.9, RA2.10	
Esta actividad acaba con la exposición de las conclusiones obtenidas en los grupos, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes correspondientes. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A2.10. Plantea el modelo de PL. Indica todas las formas de resolución que conozcas, realizando un breve comentario sobre cada una de ellas y utiliza la que consideres más adecuada para su análisis y resolución.

Interés: Esta actividad tiene como objeto ser una retroalimentación de lo que se ha aprendido; hará que los alumnos propongan diferentes estrategias de resolución y elijan la que crean más adecuada para su resolución. Posteriormente deberán justificar sus conclusiones.

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 7. Valoración del trabajo de grupo. Contenidos y resultados cuantitativos.
5. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.

ACTIVIDAD Nº 2.11	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 60 + 5 minutos
No presencial: En grupos de 3 y Presencial: Individual	
Tipo de Actividad: C8	
Resultados de Aprendizaje: RA2.10	
Esta actividad acaba con la entrega de la carpeta de grupo y de las encuestas individuales de opinión.	

En esta actividad los alumnos en grupo y de forma no presencial, organizarán una carpeta, donde quedará recogido todo su trabajo realizado relativo al tema.

Posteriormente, de forma individual (actividad presencial), rellenarán una encuesta de opinión sobre el desarrollo de las actividades y su utilidad para el aprendizaje del tema.

Recursos:

1. ANEXO 2. Cuestionario de evaluación del trabajo del grupo.
2. ANEXO 8.1 Encuesta tras tres semanas de clase.
3. Documento guía presentación tema posterior

Preguntas de reflexión	<p>¿Se pueden resolver los problemas de programación lineal de una forma más rápida y sencilla? Si al problema PL inicial, cuya solución óptima es conocida, se le introduce una nueva variable ¿Es necesario resolverlo nuevamente por completo?</p>
Direcciones de interés	<p>http://www.ecured.cu/index.php/Teor%C3%ADa_de_la_dualidad http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/dualidad-en-programaci%C3%B3n-lineal/ http://www.investigacion-operaciones.com/Dualidad.htm http://html.rincondelvago.com/programacion-lineal_investigacion-de-operaciones.html</p>

4.2) Tema 3: Dualidad. Análisis de sensibilidad.

Introducción

¿Existe alguna relación entre la distribución de los recursos y de los precios en los problemas de Programación Lineal?

En este apartado se va a presentar el concepto de Dualidad en la Programación Lineal, qué teorías emplea y dónde radica su interés.

ACTIVIDAD Nº 3.1	
No Presencial y Presencial	Tiempo estimado 60 + 60 minutos
No Presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C5	
Resultados de Aprendizaje: RA3.1, RA3.2, RA3.6	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella. Por último, la profesora presenta el índice del tema	

A3.1. Considera los problemas PL siguientes:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Min } Z = 12x_1 + 8x_2 + 19x_3 & \text{Max } Z^* = y_1 + 2y_2 \\
 3x_1 + 3x_2 + 3x_3 \geq 1 & 3y_1 + 3y_2 \leq 12 \\
 3x_1 + 2x_2 + 7x_3 \geq 2 & 3y_1 + 2y_2 \leq 8 \\
 x_1, x_2, x_3 \geq 0 & 3y_1 + 7y_2 \leq 19 \\
 & y_1, y_2 \geq 0
 \end{array}$$

Comenta con tus compañeros del grupo tratando de dar respuesta a las preguntas de la ficha guía. Finalmente, escribid vuestras conclusiones.

Interés: En la actividad A3.1 se pretende que los estudiantes se den cuenta que los dos problemas se construyen a partir de los mismos coeficientes de costos y restricciones, pero si uno de ellos es de maximización el otro es de minimización y viceversa. En definitiva, que a todo problema PL, que denominaremos **primal**, se le puede asociar otro problema lineal que se llamará **dual**.

Recursos:

1. Cuestionario guía para el debate y direcciones para búsqueda de información

¿Cuál os parece más fácil de resolver?

¿Qué relación existe entre ambos problemas?

2. Direcciones para búsqueda de información

http://www.ecured.cu/index.php/Teor%C3%ADa_de_la_dualidad

<http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/dualidad-en-programaci%C3%B3n-lineal/>

<http://www.investigacion-operaciones.com/Dualidad.htm>

http://html.rincondelvago.com/programacion-lineal_investigacion-de-operaciones.html

3. ANEXO 1. Normas de funcionamiento del grupo
4. ANEXO 3. Control del tiempo.
5. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
6. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
7. Pregunta guía presentación actividad posterior

¿Existe alguna relación entre las soluciones de los problemas PL primal y dual?

¿Es posible utilizar esta relación para simplificar los cálculos operacionales?

¿Cómo utilizarla?

Teoremas fundamentales de la Dualidad. Holgura Complementaria.

¿Qué relación existe entre las soluciones de los problemas PL primal y dual?

En este apartado se presentan las definiciones y teoremas fundamentales de la dualidad.

ACTIVIDAD Nº 3.2	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 90 + 60 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA3.1, RA3.2, RA3.6	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A3.2. Utilizando la teoría de la dualidad ¿Eres capaz de encontrar de una forma rápida la solución óptima de este problema PL?

$$\text{Min } Z = 4x_1 + 12x_2 + 8x_3$$

$$x_1 + 3x_3 \geq 3$$

$$2x_2 + 2x_3 = 4$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Comenta con tu grupo los resultados obtenidos y escribid vuestras conclusiones indicando los pasos y teoremas utilizados en los procesos seguidos.

Interés: En la actividad A3.2 los alumnos, de forma individual, deberán encontrar los teoremas fundamentales de la Dualidad y determinar su importancia porque, conocida la solución óptima de uno de los dos problemas (primal – dual) se puede calcular la del otro (dual – primal).

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
5. Pregunta guía presentación actividad posterior

¿Existe algún algoritmo que nos permita obtener la solución óptima sin necesidad de añadir variables artificiales?

Método Dual del Simplex.

¿Cuál es la interpretación de la filosofía del algoritmo Dual del Simplex?

En este apartado se presenta el método dual del Simplex.

ACTIVIDAD Nº 3.3	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 90 + 60 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA3.1, RA3.2, RA3.3, RA3.6	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A3.3. Sea el problema de programación lineal:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= 2x_1 + 3x_2 + 2x_4 \\ 3x_1 + 2x_2 - x_3 + x_4 &\geq 6 \\ -2x_1 - x_2 + 2x_3 + x_4 &\geq 5 \\ x_1, x_2, x_3, x_4 &\geq 0 \end{aligned}$$

Analizar los distintos métodos de resolución posibles y constatar las ventajas operacionales de la utilización del **algoritmo del dual del Simplex** para determinar su solución óptima. Comenta con tu grupo los resultados obtenidos y escribid vuestras conclusiones.

Interés: En la actividad A3.3 los alumnos, de forma individual, deberán determinar los pasos a seguir en el algoritmo dual del Simplex para aplicarlos al problema de maximización (búsqueda de información). Este método es muy útil ya que en muchos problemas PL evita la inclusión de variables artificiales en el momento de transformar un problema a formato estándar e iniciar el algoritmo del Simplex.

Conocimientos previos del alumno: Cálculo matricial: Operaciones elementales de filas, matrices equivalentes por filas, matrices regulares, matriz inversa,...

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
5. Pregunta guía presentación actividad posterior relacionada con las actividades 2.6 y 2.7 del tema 2.

Actividad A2.6:

*Si Pepe pide un préstamo de 1500 € ¿La ganancia obtenida será la misma?
¿Cuál es la cantidad mínima necesaria de agua, para que la solución siga siendo factible?
Si la ganancia neta del trigo es de 250 €/ha. ¿La solución óptima obtenida será la misma?*

Actividad A2.7:

*¿Entre qué límites puede variar la diferencia entre el número de vagones para coches y para motocicletas para que la solución continúe siendo óptima?
¿Podemos añadir al modelo PL una nueva restricción que no haga variar la solución óptima?
¿Entre qué límites puede variar los ingresos de la compañía ferroviaria, por cada vagón de coches, para que la solución continúe siendo óptima?*

Para dar respuesta a estas dudas planteadas ¿Tendremos que hacer de nuevo los cálculos? ¿O existe un método más eficiente para su resolución?

Análisis de sensibilidad

¿Cuán estable es la solución obtenida del modelo matemático?

En este apartado se realiza después de obtener la solución óptima el análisis de sensibilidad, como hemos mencionado en el tema 2, se determina si los cambios en los coeficientes del problema dejan inalterada la solución actual y, de no ser así, cómo obtener con eficacia una nueva solución óptima.

ACTIVIDAD Nº 3.4	
No Presencial/Presencial	Tiempo estimado 60 + 60 minutos
Individual y en grupos de 3	
Tipo de Actividad: C7, C8, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA3.3, RA3.4, RA3.5, RA3.6	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A3.4. Tras haber resuelto el problema de planificación de la siembra (Tema2: A2.6), Pepe se plantea una serie de dudas que necesita aclarar:

- Si pido un préstamo de 1500 € ¿La ganancia será la mayor?
- ¿Cuál es la cantidad mínima que necesito de agua, para que tenga que seguir sembrando lo mismo?
- Si la ganancia neta del trigo aumenta 50 €/ha. ¿Debo seguir sembrando lo mismo?

¿Tendremos que hacer de nuevo los cálculos? ¿O podemos encontrar un método más eficiente para aclarar las dudas a Pepe?

Comenta con tu grupo los resultados obtenidos y escribid vuestras conclusiones.

ACTIVIDAD Nº 3.5	
No Presencial/Presencial	Tiempo estimado 60 + 60 minutos
Individual y en grupos de 3	
Tipo de Actividad: C7, C8, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA3.3, RA3.4, RA3.5, RA3.6	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A3.5. Tras haber resuelto el problema del tren de mercancías (Tema2: A2.7), la compañía ferroviaria nos plantea una serie de cuestiones:

- ¿Entre qué límites puede variar la diferencia entre el número de vagones para coches y para motocicletas para que la solución continúe siendo óptima?
- ¿Podemos añadir al modelo PL una nueva restricción que no haga variar la solución óptima?
- ¿Entre qué límites puede variar los ingresos de la compañía ferroviaria, por cada vagón de coches, para que la solución continúe siendo óptima?

¿Tendremos que hacer de nuevo los cálculos? ¿O podemos encontrar un método más eficiente para resolver las dudas a la compañía ferroviaria?

Comenta con tu grupo los resultados obtenidos y escribid vuestras conclusiones.

Interés: En la actividad A3.4 y A3.5 se muestra el interés que tiene el denominado "*análisis de sensibilidad*". En la práctica, salvo en contadas excepciones, existe una cierta incertidumbre en los valores de los coeficientes del problema, precios de adquisición en el mercado de los aprovisionamientos, cantidades disponibles de ciertos productos, precios de venta que serán fijados por el mercado, unidades de bienes producidas por máquinas que sufren desarreglos periódicos, etc. Con el análisis de la sensibilidad se trata de determinar entre qué valores puede oscilar un coeficiente de un problema PL sin que se modifique el óptimo o si se modifica en qué cuantía lo hace.

Conocimientos previos del alumno: Cálculo matricial: Operaciones elementales de filas, matrices equivalentes por filas, matrices regulares, matriz inversa,...

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
5. Asignación, a los diversos grupos, de un problema redactado en la actividad A2.9 y resuelto en la actividad A2.10 del tema 2.

Conclusiones

¿Cómo determinar la asignación óptima de recursos limitados cuando existen múltiples alternativas para utilizarlos y cuán estable es la solución obtenida?

En este apartado los alumnos realizarán un estudio más detallado de los resultados de los problemas PL asignados.

ACTIVIDAD Nº 3.6	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 120 + 55 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C6, C7, C8, C9, C10	
Resultados de Aprendizaje: RA3.1, RA3.2, RA3.3, RA3.4, RA3.5, RA3.6	
Esta actividad acaba con la exposición de los problemas PL elegidos por cada uno de los grupos, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de dichos problemas. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A3.6. Redactar un informe completo del problema PL, analizando los resultados obtenidos y determinando entre qué valores pueden oscilar los datos del problema sin que se modifique el resultado óptimo obtenido.

Interés: Esta actividad tiene como objeto ser una retroalimentación de lo que se ha aprendido; hará que los alumnos analicen la estabilidad de la solución óptima obtenida. Posteriormente deberán justificar sus conclusiones.

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 7. Valoración del trabajo de grupo. Contenidos y resultados cuantitativos.
5. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.

ACTIVIDAD Nº 3.7	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 60 + 5 minutos
No presencial: En grupos de 3 y Presencial: Individual	
Tipo de Actividad: C8	
Resultados de Aprendizaje: RA3.6	
Esta actividad acaba con la entrega de la carpeta de grupo y de las encuestas individuales de opinión.	

A3.7. En esta actividad los alumnos en grupo y de forma no presencial, organizarán una carpeta, donde quedará recogido todo su trabajo realizado relativo al tema (portafolios del grupo).

Posteriormente, de forma individual (actividad presencial), rellenarán una encuesta de opinión sobre el desarrollo de las actividades y su utilidad para el aprendizaje del tema.

Recursos:

1. ANEXO 2. Cuestionario de evaluación del trabajo del grupo.
2. ANEXO 8. Cuestionario de opinión sobre la metodología seguida.
3. Documento guía presentación tema posterior

La planificación de la producción de robots y de transformadores eléctricos (A2.1, A2.2 y A2.3) requiere de una solución entera.

*¿Cómo podemos determinarla?
¿Nos sirve redondear la solución real obtenida?*

4.3) Tema 4: Introducción a la Programación Lineal Entera

Introducción

¿Podemos determinar la solución óptima de los problemas de Programación Lineal Entera redondeando la solución real obtenida?

En este apartado se va a matizar que la relajación de las condiciones de integrabilidad rara vez produce resultados satisfactorios, aunque este procedimiento sea la base de algunos algoritmos de programación entera.

ACTIVIDAD Nº 4.1	
No Presencial y Presencial	Tiempo estimado 60 + 60 minutos
No Presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C5, C7, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA4.1, RA4.3	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A4.1. Lee atentamente el problema PLE.

Una fábrica de muebles produce dos tipos de sillas A y B. La fábrica cuenta con dos secciones: carpintería y tapicería. Hacer una silla del tipo A requiere de 8 horas en la sección de carpintería y 10 horas en la de tapizado. Una silla del tipo B necesita 14 horas de carpintería y 4 de tapizado. La sección de carpintería dispone de personal para un total de 63 horas de trabajo y en tapicería de 45 horas.

Si las ganancias en la venta de la silla A son de 5 €/u y en la silla B de 18 €/u, determina cuántas sillas de cada tipo hay que fabricar para maximizar las ganancias.

Comenta con tus compañeros del grupo tratando de dar respuesta a las preguntas de la ficha guía. Finalmente, escribid vuestras conclusiones.

Interés: En la actividad A4.1 se pretende que los estudiantes se den cuenta que el intento de resolver un problema lineal entero relajando las condiciones de integrabilidad rara vez produce resultados satisfactorios. Sin embargo, algunos problemas lineales enteros, especialmente problemas de grafos, tienen la propiedad de que la solución óptima de la relajación lineal sea óptima entera (problemas que serán abordados en el siguiente tema).

Sugerencia: Usar el método gráfico de resolución. Un programa gratuito muy sencillo para representar gráficas es el Winplot. En Moodle se dispondrá de un enlace para su descarga.

Recursos:

1. Cuestionario guía para el debate

¿Cuál es la solución real del problema planteado?

Si redondeamos esta solución de forma que la solución entera siga siendo factible

¿Obtendremos la solución óptima entera buscada?

2. ANEXO 1. Normas de funcionamiento del grupo
3. ANEXO 3. Control del tiempo.
4. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
5. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
6. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.
7. Pregunta guía presentación actividad posterior

¿Es posible utilizar la herramienta Solver de la hoja de cálculo EXCEL para resolver este tipo de problemas?

Resolución mediante la hoja de cálculo EXCEL de problemas PLE.

¿Es posible resolver un problema PLE mediante hojas de cálculo?

En este apartado se muestran las pautas a seguir para la resolución de problemas PLE mediante la herramienta Solver de la hoja de cálculo EXCEL.

ACTIVIDAD Nº 4.2	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 60 + 60 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9	
Resultados de Aprendizaje: RA4.1, RA4.2, RA4.3	
Esta actividad acaba con la exposición de algunos grupos de las conclusiones obtenidas, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de los informes de todos grupos. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A4.2. Preparar una hoja-guía del uso de la herramienta Solver de la hoja de cálculo Excel para resolver problemas de Programación Lineal Entera. Utilizar esta herramienta para resolver el problema planteado en la actividad A4.1.

Comenta con tu grupo los resultados obtenidos y escribid vuestras conclusiones.

Interés: En la actividad A4.2 los alumnos, de forma individual, descubrirán la utilidad de utilizar la herramienta Solver de la hoja de cálculo EXCEL para resolver problemas de PLE.

Conocimientos previos del alumno: Noción básica de EXCEL. Uso de la función SUMAPRODUCTO para definir el valor de la función objetivo, así como los resultados de las filas de la matriz.

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.

Conclusiones

¿Somos capaces de proponer un plan de producción óptima a la empresa ABB?

En este apartado los alumnos determinarán, según sus necesidades, el plan de producción óptimo a la empresa ABB.

ACTIVIDAD Nº 4.3	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 120 + 55 minutos
No presencial: Individual y Presencial: En grupos de 3	
Tipo de Actividad: C2, C3, C4, C6, C7, C8, C9, C10	
Resultados de Aprendizaje: RA4.1, RA4.2, RA4.3	
Esta actividad acaba con la exposición de los problemas PL elegidos por cada uno de los grupos, una breve puesta en común y la recogida y evaluación de dichos problemas. Además, los alumnos rellenarán una ficha donde quedará recogido el tiempo no presencial dedicado a ella.	

A4.3. Lee de nuevo el problema de planificación de la producción de la empresa ABB trabajado en las actividades A2.1, A2.2 y A2.3. Determina las unidades de cada línea de productos que deberá fabricar la empresa para maximizar la ganancia y redactar un informe completo donde quede recogido el correspondiente análisis de sensibilidad.

Interés: Esta actividad tiene como objeto ser una retroalimentación de lo que se ha aprendido; hará que los alumnos reflexionen sobre los conceptos abordados en los temas 2, 3 y 4. Posteriormente deberán justificar sus conclusiones.

Recursos:

1. ANEXO 3. Control del tiempo.
2. ANEXO 5. Evaluación de la exposición oral del grupo.
3. ANEXO 6. Evaluación de la documentación escrita del grupo.
4. ANEXO 7. Valoración del trabajo de grupo. Contenidos y resultados cuantitativos.
5. ANEXO 10: Bibliografía básica, de profundización y direcciones de Internet de interés.

ACTIVIDAD Nº 4.4	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 30 + 5 minutos
No presencial: En grupos de 3 y Presencial: Individual	
Tipo de Actividad: C8	
Resultados de Aprendizaje: RA4.3	
Esta actividad acaba con la entrega de la carpeta de grupo y de las encuestas individuales de opinión.	

A4.4. En esta actividad los alumnos en grupo y de forma no presencial, organizarán una carpeta, donde quedará recogido todo su trabajo realizado relativo al tema (portafolios del grupo).

Posteriormente, de forma individual (actividad presencial), rellenarán una encuesta de opinión sobre el desarrollo de las actividades y su utilidad para el aprendizaje del tema.

Recursos:

1. ANEXO 2. Cuestionario de evaluación del trabajo del grupo.
2. ANEXO 8. Cuestionario de opinión sobre la metodología seguida.

ACTIVIDAD DE PREPARACIÓN DEL CONTROL INDIVIDUAL (APC)	
No Presencial y Presencial	Tiempo estimado 120 + 60 minutos
Individual	
Tipo de Actividad: C11	
Esta actividad no presencial e individual servirá para medir en qué grado, cada alumno, ha conseguido adquirir los resultados de aprendizaje de los temas 2, 3 y 4 antes de la realización del control individual.	

ACTIVIDAD DE PREPARACIÓN DEL CONTROL INDIVIDUAL: En esta última actividad los alumnos, de forma individual y no presencial, contestarán las preguntas abordadas en varios ejercicios concretos de Programación Lineal. En cada ejercicio, deberán identificar las partes del problema, proponer diferentes formas de resolución, plantear un método de resolución, resolver el problema y analizar la coherencia de los resultados obtenidos. Posteriormente tras presentar su resolución y realizar las oportunas aclaraciones, serán los propios alumnos los que se califiquen (autoevaluación).

Recursos:

1. ANEXO 9. Calificación de los contenidos y resultados cuantitativos

ACTIVIDAD DE CONTROL INDIVIDUAL (ACI)	
Presencial	Tiempo estimado 90 minutos
Individual	
Tipo de Actividad: C11	
Esta actividad servirá para medir en qué grado, cada alumno, ha conseguido adquirir los resultados de aprendizaje de los temas 2, 3 y 4.	

ACTIVIDAD DE CONTROL INDIVIDUAL: En esta última actividad los alumnos, de forma individual, contestarán las preguntas abordadas en un problema concreto de Programación Lineal. Deberán identificar las partes del problema, proponer diferentes formas de resolución, plantear un método de resolución, resolver el problema y analizar la coherencia de los resultados obtenidos.

Serán los propios alumnos los que se califiquen (autoevaluación).

Recursos:

2. ANEXO 9. Calificación de los contenidos y resultados cuantitativos

5) PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LAS ACTIVIDADES

5.1) Horas de dedicación del estudiante a las actividades de los temas 2, 3 y 4

HORAS DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE A LAS ACTIVIDADES DEL TEMA 2

ACTIVIDAD	TRABAJO PRESENCIAL	TRABAJO NO PRESENCIAL (estimación)	TOTAL
A2.1	30'		30'
A2.2	45'		45'
A2.3	40'		40'
A2.4	45'	1:00	1:45
A2.5	45'	1:00	1:45
A2.6	1:30	2:30	4:00
A2.7	2:00	2:30	4:30
A2.8	1:00	2:30	3:30
A2.9	1:00	2:30	3:30
A2.10	1:00	2:00	3:00
A2.11	5'	1:00	1:05
TOTAL HORAS	10 horas	15 horas	

HORAS DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE A LAS ACTIVIDADES DEL TEMA 3

ACTIVIDAD	TRABAJO PRESENCIAL	TRABAJO NO PRESENCIAL (estimación)	TOTAL
A3.1	1:00	1:00	2:00
A3.2	1:00	1:30	2:30
A3.3	1:00	1:30	2:30
A3.4	1:00	1:00	2:00
A3.5	1:00	1:00	2:00
A3.6	55'	2:00	2:55
A3.7	5'	1:00	1:05
TOTAL HORAS	6 horas	9 horas	

HORAS DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE A LAS ACTIVIDADES DEL TEMA 4

ACTIVIDAD	TRABAJO PRESENCIAL	TRABAJO NO PRESENCIAL (estimación)	TOTAL
A4.1	1:00	1:00	2:30
A4.2	1:00	1:00	2:30
A4.3	55	2:00	3:00
A4.4	5'	30'	35'
TOTAL HORAS	3 horas	4:30 horas	

5.2) Distribución horaria del ABP por semanas

SEMANA	ACTIVIDAD	TIPO ACTIVIDAD	HORAS	MODALIDAD
S1	Presentación	Presencial	1 hora	Grupo completo
	A2.1 A2.2	Presencial	2 horas	Individual y en grupos de 3
S2	A2.3	Presencial	1 hora	Individual y en grupos de 3
	A2.4	No Presencial Presencial	1 hora 45 minutos	Individual y en grupos de 3
	A2.5	No Presencial Presencial	1 hora 45 minutos	
S3	A2.6	No Presencial Presencial	2:30 horas 1 hora	Individual y en grupos de 3
	A2.7	No Presencial Presencial	2:30 horas 2 horas	
S4	A2.8	No Presencial Presencial	2:30 horas 1 hora	Individual y en grupos de 3
	A2.9	No Presencial	2:30 horas	
	A2.10	No Presencial Presencial	2 horas 2 horas	
S5	A2.11	No Presencial Presencial	1 hora 5 minutos	Individual y en grupos de 3
	A3.1	No Presencial Presencial	1 hora 1 hora	
	A3.2	No Presencial Presencial	1:30 horas 1 hora	
	A3.3	No Presencial Presencial	1:30 horas 1 hora	
S6	A3.4	No Presencial Presencial	1 hora 1 hora	Individual y en grupos de 3
	A3.5	No Presencial Presencial	1 hora 1 hora	
	A3.6	No Presencial	2 horas	
S7	A3.7	No Presencial Presencial	1 hora 5 minutos	Individual y en grupos de 3
	A4.1	No Presencial Presencial	1 hora 1 hora	
	A4.2	No Presencial Presencial	1 hora 1 hora	Individual y en grupos de 3
	A4.3	No Presencial	1 hora	
S8	A4.4	No Presencial Presencial	30 minutos 5 minutos	Individual y en grupos de 3
S9	Preparación CONTROL	Presencial	1 hora	Individual
	ACI CONTROL	Presencial	2 horas	Individual

6) ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

La evaluación de las actividades integradas en la metodología ABP supone el 35% de la nota final de la asignatura.

Las actividades motivo de valoración son:

Actividad 2.11: Carpeta del grupo (portafolios) del tema 2

ACTIVIDAD Nº 2.11	
No Presencial y Presencial	Tiempo estimado 60 + 5 minutos
No presencial: En grupos de 3 y Presencial: Individual	
Tipo de Actividad: C8	
Resultados de Aprendizaje: RA2.10	
Esta actividad acaba con la entrega de la carpeta de grupo y de las encuestas individuales de opinión tras tres semanas de clase.	

En esta actividad los alumnos en grupo y de forma no presencial, organizaran una carpeta, donde quedará recogido todo su trabajo realizado relativo al tema. Además de la documentación escrita correspondiente a cada una de las actividades deberán incluir los instrumentos de evaluación que han sido usados por los propios alumnos para su calificación.

La documentación escrita de las actividades A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A2.6, A2.7, A2.8, A2.9 y A2.10 será corregida y evaluada después de su exposición en clase por otro grupo de trabajo, en función de los propios conocimientos adquiridos por los alumnos sobre ellas (retroalimentación). Ante mi temor inicial de que los grupos, *por compañerismo*, no se tomen en serio esta corrección, les comunicaré que la no correcta realización de esta labor penalizará la nota final obtenida por su grupo.

Una vez entregadas estas carpetas, también serán corregidas y calificadas por mí. Después se devolverán a los grupos con las correspondientes anotaciones que serán comentadas a cada uno de los ellos.

Las actividades A2.4, A2.5, A2.6, A2.7, A2.8, A2.9 y A2.10 se expondrán en clase. Todos los grupos tendrán que exponer una actividad, actividad asignada por sorteo; a su finalización se abrirán los oportunos turnos de preguntas.

En la tabla siguiente se muestran, para cada una de las actividades del tema 2 recogidas en la actividad 2.11, las competencias, objetivos de aprendizaje, resultados de aprendizaje y los instrumentos de evaluación usados.

TEMA 2	COMPETENCIAS IMPLICADAS	OBJETIVOS ENSEÑANZA	RESULTADOS APRENDIZAJE	TIPO ACTIVIDAD	INSTRUMENTOS EVALUACIÓN
A2.1	CIO4	OB2.1,OB2.7	RA2.1, RA2.10	C2, C3, C4,C5	Anexo 1
A2.2	CIO1, CIO4	OB2.1,OB2.2, OB2.3, OB2.7	RA2.2, RA2.5, RA2.10	C2, C3, C4,C5	Anexo 6
A2.3	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB2.4, OB2.5, OB2.7	RA2.3, RA2.4, RA2.10	C6, C9	Anexo 6
A2.4	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB2.6, OB2.7	RA2.3, RA2.5, RA2.9, RA2.10	C7, C9	Anexos 3, 5 y 6

A2.5	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB2.6, OB2.7	RA2.3, RA2.5, RA2.9, RA2.10	C4, C7, C9	Anexos 3, 5 y 6
A2.6	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB2.4, OB2.5, OB2.6, OB2.7, OB2.8	RA2.4, RA2.5, RA2.6, RA2.10	C2, C3, C4, C5, C6, C7, C9	Anexos 3, 5 y 6
A2.7	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB2.2, OB2.3, OB2.4, OB2.5, OB2.6, OB2.7, OB2.8	RA2.5, RA2.7, RA2.10	C2, C3, C4, C5, C6, C7, C9	Anexos 3, 5 y 6
A2.8	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB2.2, OB2.4, OB2.5, OB2.6, OB2.7, OB2.8	RA2.8, RA2.9, RA2.10	C2, C3, C4, C6, C7, C9	Anexos 3, 5 y 6
A2.9	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB2.1, OB2.2, OB2.8	RA2.1, RA2.10	C2, C3, C4, C6, C7, C8, C9	Anexos 3, 5 y 6
A2.10	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB2.3, OB2.4, OB2.5, OB2.6, OB2.7, OB2.8	RA2.1, RA2.2, RA2.5, RA2.8, RA2.9, RA2.10	C2, C3, C4, C6, C7, C8, C9	Anexos 3, 5, 6 y 7

Actividad 3.7: Carpeta del grupo (portafolios) del tema 3

ACTIVIDAD Nº 3.7	
No Presencial y Presencial	Tiempo estimado 60 + 5 minutos
No presencial: En grupos de 3 y Presencial: Individual	
Tipo de Actividad: C8	
Resultados de Aprendizaje: RA3.6	

Al igual que en la actividad A2.11 del tema 2, en esta actividad A3.7 los alumnos en grupo y de forma no presencial, organizarán una carpeta, donde quedará recogido todo su trabajo realizado relativo al tema y los instrumentos de evaluación usados por los propios alumnos para su calificación. Los grupos de trabajo para este tema 3 y para el cuarto serán los mismos.

La documentación escrita de las actividades A3.1, A3.2, A3.3, A3.4, A3.5 y A3.6 será corregida y evaluada después de su exposición en clase por otro grupo de trabajo, en función de los propios conocimientos adquiridos por los alumnos sobre ellas. Una vez entregadas estas carpetas, realizaré una segunda corrección. Después se devolverán a los grupos con algunas anotaciones que serán comentadas a cada uno de los ellos

Las actividades A3.1, A3.2, A3.3, A3.4, A3.5 y A3.6 se expondrán en clase. No todos los grupos tendrán que exponer una de estas actividades ya que, al mantenerse los grupos para el tema 4, les dejaré elegir la actividad entre las de los dos temas. Tras su finalización se abrirán los turnos de preguntas.

En la tabla siguiente se muestran, para cada una de las actividades del tema 3 recogidas en la actividad 3.7, las competencias, objetivos de aprendizaje, resultados de aprendizaje y los instrumentos de evaluación usados.

TEMA 3	COMPETENCIAS IMPLICADAS	OBJETIVOS ENSEÑANZA	RESULTADOS APRENDIZAJE	TIPO ACTIVIDAD	INSTRUMENTOS EVALUACIÓN
A3.1	CIO3, CIO4	OB3.2,OB3.4	RA3.1, RA3.2, RA3.6	C2, C3, C4,C5	Anexos 1, 3, 5 y 6
A3.2	CIO1, CIO4	OB3.1, OB3.2, OB3.4, OB3.5	RA3.1, RA3.2, RA3.6	C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9	Anexos 3, 5 y 6
A3.3	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB3.1, OB3.2, OB3.4, OB3.5	RA3.1, RA3.2, RA3.3, RA3.6	C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9	Anexos 3, 5 y 6
A3.4	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB3.1, OB3.2, OB3.3, OB3.4, OB3.5	RA3.3, RA3.4, RA3.5, RA3.6	C7, C8, C9	Anexos 3, 5 y 6
A3.5	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB3.1, OB3.2, OB3.3, OB3.4, OB3.5	RA3.3, RA3.4, RA3.5, RA3.6	C7, C8, C9	Anexos 3, 5 y 6
A3.6	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB3.1, OB3.2, OB3.3, OB3.4, OB3.5	RA3.1, RA3.2, RA3.3, RA3.4, RA3.5, RA3.6	C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10	Anexos 3, 5, 6 y 7

Actividad 4.4: Carpeta del grupo (portafolios) del tema 4

ACTIVIDAD Nº 4.4	
No presencial y Presencial	Tiempo estimado 30 + 5 minutos
No presencial: En grupos de 3 y Presencial: Individual	
Tipo de Actividad: C8	
Resultados de Aprendizaje: RA4.3	
Esta actividad acaba con la entrega de la carpeta de grupo y de las encuestas individuales de opinión sobre la metodología seguida.	

De nuevo, al igual que en las actividades A2.11 y A3.7 los alumnos en grupo y de forma no presencial, organizarán una carpeta, donde quedará recogido todo su trabajo realizado relativo al tema y los instrumentos de evaluación usados por los propios alumnos para su calificación.

La documentación escrita de las actividades A4.1, A4.2 y A4.3 será corregida y evaluada, después de su exposición en clase, por otro grupo de trabajo, en función de los propios conocimientos adquiridos por los alumnos sobre ellas. Una vez entregadas las carpetas, realizaré una segunda corrección. Después se devolverán a los grupos con las oportunas anotaciones que serán comentadas a cada uno de los ellos.

Las actividades A4.1, A4.2 y A4.3 se expondrán en clase. Tras su finalización se abrirán turnos de preguntas.

En la tabla siguiente se muestran, para cada una de las actividades del tema 4 recogidas en la actividad 4.4, las competencias, objetivos de aprendizaje, resultados de aprendizaje y los instrumentos de evaluación usados.

TEMA 4	COMPETENCIAS IMPLICADAS	OBJETIVOS ENSEÑANZA	RESULTADOS APRENDIZAJE	TIPO ACTIVIDAD	INSTRUMENTOS EVALUACIÓN
A4.1	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB4.1,OB4.2, OB4.4	RA4.1, RA4.3	C2,C3,C4, C5,C7,C9	Anexos 1, 3, 5 y 6
A4.2	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB4.3,OB4.4, OB4.5	RA4.1, RA4.2, RA4.3	C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9	Anexos 3, 5 y 6
A4.3	CIO1, CIO2, CIO3, CIO4	OB4.2,OB4.3, OB4.4, OB4.5	RA4.1, RA4.2, RA4.3	C2, C3, C4,C5,C6, C7, C8, C9,C10	Anexos 3, 5, 6 y 7

Actividad adicional de evaluación:

Al finalizar las actividades ABP, en grupo, se desarrollará una actividad individual antes de la realización del control individual.

ACTIVIDAD DE PREPARACIÓN DEL CONTROL INDIVIDUAL (APC)	
No Presencial y Presencial	Tiempo estimado 120 + 60 minutos
Individual	
Tipo de Actividad: C11	
Esta actividad no presencial e individual servirá para medir en qué grado, cada alumno, ha conseguido adquirir los resultados de aprendizaje de los temas 2, 3 y 4 antes de la realización del control individual.	

En esta actividad los alumnos, de forma individual y no presencial, contestarán a las preguntas abordadas en varios ejercicios concretos de Programación Lineal. En cada ejercicio, identificarán las partes del problema, propondrán diferentes formas de resolución, plantearán un método de resolución, resolverán el problema y analizarán la coherencia de los resultados obtenidos.

Los alumnos realizarán la actividad de forma no presencial e individual, posteriormente en clase presentarán su resolución, se realizarán las oportunas aclaraciones y serán los propios alumnos los que se califiquen (autoevaluación).

Actividad de control individual

La última actividad ABP evaluable se realizará de forma presencial e individual.

ACTIVIDAD DE CONTROL INDIVIDUAL (ACI)	
Presencial	Tiempo estimado 90 minutos
Individual	
Tipo de Actividad: C11	
Esta actividad presencial e individual servirá para medir en qué grado, cada alumno, ha conseguido adquirir los resultados de aprendizaje de los temas 2, 3 y 4.	

En esta última actividad los alumnos, de forma individual, contestarán las preguntas abordadas en un problema concreto de Programación Lineal; debiendo identificar las partes del problema, proponer diferentes formas de resolución, plantear un método de resolución, resolver el problema y analizar la coherencia de los resultados obtenidos.

El control durará 60 minutos, los 30 minutos restantes serán dedicados a su calificación. Los alumnos se intercambiarán los ejercicios y realizarán su corrección en función de la solución que les será expuesta y de sus propios conocimientos adquiridos. Por último, supervisaré esta labor de coevaluación.

En las siguientes tablas se indican los instrumentos de evaluación que se han considerado en las actividades ABP, junto con los porcentajes asignados y quién las ha evaluado:

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN ACTIVIDADES ABP (Supone el 35% de la Evaluación total)		PUNTUACIÓN (350)	% EVALUACIÓN ABP
CARPETA DEL GRUPO (PORTAFOLIOS)	TEMA 2: A2.11	75	20%
	TEMA 3: A3.7	50	14,28%
	TEMA 4: A4.4	50	14,28%
EXPOSICIÓN ORAL DEL GRUPO: A2.4, A2.5, A2.6, A2.7, A2.8, A2.9, A2.10, A3.1, A3.2, A3.3, A3.5, A3.6, A4.1, A4.2, A4.3.		30	8,57%
TRABAJO INDIVIDUAL (APC)		25	7,14%
CONTROL INDIVIDUAL (ACI)		100	28,57%

TEMA 2, 3 y 4	QUIÉN EVALUA
CARPETA DEL GRUPO/PORTAFOLIOS	ALUMNOS DE OTROS GRUPOS PROFESOR
EXPOSICIÓN ORAL DEL GRUPO	ALUMNOS DE OTROS GRUPOS PROFESOR
TRABAJO INDIVIDUAL	AUTOEVALUACIÓN DEL ALUMNO PROFESOR (revisión)
CONTROL INDIVIDUAL	OTRO ALUMNO PROFESOR (revisión)

7) ANEXOS

A continuación se presentan los anexos que se han serán utilizados a lo largo del proceso de implementación.

ANEXO 1. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO DEL GRUPO



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL**



GRUPO:

Componentes (por orden alfabético)

C1.

C2.

C3.

NORMAS DE FUNCIONAMIENTO DEL GRUPO

1. Nos comprometemos a asistir a todas las reuniones y participar en las mismas.
2. Nos comprometemos a realizar y presentar con puntualidad nuestra parte correspondiente del trabajo.
3. Intentaremos solucionar los posibles conflictos que puedan surgir de la mejor manera posible.
4. Nos comprometemos a aceptar y debatir las ideas de nuestros compañeros.
5. En caso de que algún miembro del grupo no asista o no traiga su parte hecha más de dos veces será expulsado.
6. Mantener un comportamiento inadecuado llevará a la expulsión.
7. Nos comprometemos a aceptar y corregir todos nuestros errores.

Nombre	Nombre
Firma	Firma
Nombre	
Firma	

ANEXO 2. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO EN GRUPO



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL**



CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO EN GRUPO

Te pido que me des tu opinión sobre el funcionamiento de tu grupo de trabajo. Tus respuestas serán analizadas, y tenidas en cuenta en la evaluación de las actividades de grupo (CIO4).

GRUPO:

TAREA:

COMPONENTES (por orden alfabético)

C1-

C2-

C3-

C4-

C5-

Valora según el baremo siguiente

**5 = Totalmente de acuerdo, 4 = De acuerdo, 3 = Indiferente,
2 = En desacuerdo, 1 = Totalmente en desacuerdo**

para cada componente del grupo (incluido tú) las siguientes cuestiones:

Componentes del grupo	C1	C2	C3	C4	C5
Ha sido puntual las veces que hemos quedado					
Ha sido puntual en la entrega del trabajo que se le había asignado					
El trabajo realizado ha sido satisfactorio					
Ha participado continuamente en todas las actividades					
Ha contribuido a crear buen ambiente motivando al equipo de trabajo					
Ha compartido conocimientos con los demás					
Siempre ha mostrado respeto hacia las opiniones de los demás					

ANEXO 3.1 CONTROL DEL TIEMPO PRESENCIAL



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA**
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL



PARTE PRESENCIAL

ACTIVIDAD Tarea 1	TIEMPO DE DEDICACIÓN		
	Tipo	Previsto	Real
Formación del grupo	Grupal	0:05	
Firma de las normas de funcionamiento del grupo	Grupal	0:05	
Presentación y discusión de la tarea	Individual/Grupal	50:00	
Exposición de los resultados del grupo	Individual/Grupal	40:00	
Conclusiones	Grupal	20:00	
Total		2 horas	

Observaciones:

ANEXO 3.2 CONTROL DEL TIEMPO NO PRESENCIAL



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA**
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL



TEMA 2

PARTE NO PRESENCIAL

Elaboración de la documentación	TIEMPO DE DEDICACIÓN		
	Tipo	Previsto	Real
Actividades 2.4 y 2.5	Individual	2 horas	
Actividades 2.6	Individual	2:30 horas	
Actividades 2.7	Individual	2:30 horas	
Actividades 2.8	Individual	2:30 horas	
Actividades 2.9	Individual	2:30 horas	
Actividades 2.10	Individual	2 horas	
Actividades 2.11	Individual	1 hora	

TIEMPO DE DEDICACIÓN INDIVIDUAL DE LA PARTE NO PRESENCIAL				
	C1	C2	C3	MEDIA
Actividades 2.4 y 2.5				
Actividades 2.6				
Actividades 2.7				
Actividades 2.8				
Actividades 2.9				
Actividades 2.10				
Actividades 2.11				

ANEXO 4. ACTA DE REUNIÓN



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL**



Fecha:	Hora comienzo:	Hora finalización:	Fecha y hora de próxima reunión:
Equipo:		Título del Trabajo:	
Miembros asistentes:		Miembros ausentes:	
<p>GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA REUNIÓN ANTERIOR:</p> <p>ASUNTOS TRATADOS :</p> <p>ACUERDO ADOPTADOS:</p> <p>OBJETIVOS PARA LA PRÓXIMA REUNIÓN :</p> <p>VALORACIÓN DEL TRABAJO DE CADA UNO DE LOS MIEMBROS:</p>			
NOMBRE Y FIRMA DE LOS ASISTENTES:			

ANEXO 5. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN ORAL DEL GRUPO



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA**
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL



GRUPO EVALUADOR			
TRABAJO EVALUADO		ACTIVIDAD	

1 = Nada 2 = Escasamente 3 = Algo 4 = Mucho 5 = Totalmente

1. Conocimiento del tema	1	2	3	4	5
2. Organización de la información	1	2	3	4	5
3. Dominio del lenguaje técnico	1	2	3	4	5
4. Manejo del material auxiliar	1	2	3	4	5
5. Dirigen la mirada al público	1	2	3	4	5
6. Manejo de la voz	1	2	3	4	5
7. Expresión corporal	1	2	3	4	5
8. Se sienten seguros	1	2	3	4	5
9. Comunican entusiasmo	1	2	3	4	5
10. Se atienen al tiempo estipulado	1	2	3	4	5

Valoración global de la presentación del equipo (entre 0 y 10): _____

Aspectos positivos (puntos fuertes):

Aspectos negativos (puntos de mejora):

ANEXO 6. EVALUACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN ESCRITA DEL GRUPO



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA**
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL



GRUPO EVALUADOR			
TRABAJO EVALUADO		ACTIVIDAD	

1 = Nada 2 = Escasamente 3 = Algo 4 = Mucho 5 = Totalmente

1. Claridad	1	2	3	4	5
2. Correcta utilización de las reglas gramaticales	1	2	3	4	5
3. Dominio del lenguaje técnico	1	2	3	4	5
4. Enfoque adecuado a la asignatura	1	2	3	4	5
5. Correcta estructura de los contenidos	1	2	3	4	5
6. Presenta ejemplos didácticos	1	2	3	4	5
7. Analiza los resultados obtenidos	1	2	3	4	5
8. Incluye fuentes de información	1	2	3	4	5

Valoración global de la documentación del equipo (entre 0 y 10): _____

Aspectos positivos (puntos fuertes):

Aspectos negativos (puntos de mejora):

ANEXO 7. VALORACIÓN DEL TRABAJO DE GRUPO. CONTENIDOS Y RESULTADOS CUANTITATIVOS



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL**



GRUPO EVALUADOR		TRABAJO EVALUADO	
ACTIVIDAD		CALIFICACIÓN	

VALORACIÓN DEL TRABAJO DE GRUPO

	SUPERA LO ESPERADO	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO
<p>Contenidos abordados.</p> <p>Resultados cuantitativos obtenidos.</p>	<p>Identifica las partes del problema.</p> <p>Propone diferentes formas de resolución.</p> <p>Plantea un método de resolución.</p> <p>Resuelve el problema hasta el final.</p> <p>Justifica razonadamente todo el proceso.</p> <p>Analiza la coherencia de los resultados obtenidos.</p> <p>Obtiene conclusiones lógicas de los resultados.</p>	<p>Identifica las partes del problema.</p> <p>Plantea un método de resolución.</p> <p>Resuelve el problema hasta el final.</p>	<p>Sabe identificar las partes del problema.</p> <p>No resuelve el problema.</p>



ANEXO 8. CUESTIONARIO DE OPINIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA SEGUIDA

**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA**

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL



CUESTIONARIO DE OPINIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA SEGUIDA

Te pedimos que nos des tu opinión sobre varios aspectos de la metodología que se ha seguido en el aula. Tus respuestas serán analizadas, y nos permitirán mejorar nuestras propuestas en el futuro. Por eso, te pedimos que le dediques el tiempo necesario, y contestes con sinceridad. Muchas gracias.

*Teniendo en cuenta todos los aspectos de la metodología que hemos trabajado, tu **valoración global** del planteamiento y desarrollo de la experiencia es:*

- nada satisfactoria
- poco satisfactoria
- bastante satisfactoria
- muy satisfactoria

Justifica tu valoración:

*Valora el grado en que consideras que la metodología seguida **te ha ayudado a aprender**, en **comparación** con planteamientos metodológicos más tradicionales:*

- me ha ayudado *menos*
- me ha ayudado *igual*
- me ha ayudado *más*
- me ha ayudado *mucho más*

*Valora el grado en que consideras que el **uso de esta metodología te ha ayudado a:**
("1" muy poco, "2" poco, "3" bastante, "4" mucho)*

Comprender contenidos teóricos	1	2	3	4
Establecer relaciones entre teoría y práctica	1	2	3	4
Relacionar los contenidos de la asignatura y obtener una visión integrada	1	2	3	4
Aumentar el interés y la motivación por la asignatura	1	2	3	4
Indagar por tu cuenta en torno al trabajo planteado	1	2	3	4
Tomar decisiones en torno a una situación real	1	2	3	4
Resolver problemas o ofrecer soluciones a situaciones reales	1	2	3	4
Desarrollar tus habilidades de comunicación (oral o escrita)	1	2	3	4
Desarrollar tu autonomía para aprender	1	2	3	4
Tomar una actitud participativa respecto a tu aprendizaje	1	2	3	4
Mejorar tus capacidades de trabajo en grupo	1	2	3	4
El sistema de evaluación seguido ha sido adecuado a la metodología	1	2	3	4

La orientación proporcionada por el/la profesor/a durante el proceso, ¿ha satisfecho tus necesidades?

- Poco
- Suficiente
- Bastante
- Mucho

¿Cambiarías algo? ¿Se te ocurre alguna propuesta de mejora?

Si el próximo curso/módulo/cuatrimestre pudieras elegir, ¿optarías por esta metodología?

- Sí
- No

ANEXO 8.1 ENCUESTA TRAS 3 SEMANAS DE CLASE



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL**



En las preguntas siguientes se hacen afirmaciones que debes de valorar si estás de acuerdo o no en una escala de 1 a 5:

1=nada cierto, 2=poco cierto, 3=indiferente, 4=bastante cierto, 5=muy cierto

Preguntas sobre el trabajo cooperativo en grupo:

	1	2	3	4	5
Entiendo mejor los temas difíciles					
Aprovecho mejor el tiempo de estudio					
No me gusta porque algunos del grupo no colaboran					
Trabajando solo habría hecho más actividades y aprendido más					
Me motiva más para estudiar					
Mis compañeros de grupo me hacen perder el tiempo					
Prefiero las clases normales del profesor a las clases de trabajo en grupo.					
Mi valoración global del trabajo en grupo es favorable					
Preferiría hacer y entregar las tareas yo solo					
La manera de valorar las tareas (la calificación se le atribuye a todo el grupo) me motiva más para prepararlos					
La manera de valorar las tareas me parece injusta					
El peso de las tareas en la calificación final (20%) es muy bajo					
Trabajando en grupo dedico un tiempo excesivo a la asignatura					
El sistema de trabajo me está permitiendo llevar mejor al día la asignatura					
Con esta metodología creo que voy a ser capaz de aprobar la asignatura					
Me gusta la forma de trabajo y de evaluación de la asignatura					
La asignatura me está resultando interesante y útil					
Por lo que he visto hasta el momento me parece un buen profesor					

El aprendizaje de la asignatura creo que podría mejorarse si:

-
-

Ahora, con tus palabras, comenta cómo te está pareciendo la forma de darse la asignatura

ANEXO 9. CALIFICACIÓN DE CONTENIDOS Y RESULTADOS CUANTITATIVOS



**INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE
ESKOLA**
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL



NOMBRE Y APELLIDOS	
---------------------------	--

ACTIVIDAD DE CONTROL INDIVIDUAL

	SUPERA LO ESPERADO	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO
<p>Contenidos abordados.</p> <p>Resultados cuantitativos obtenidos.</p>	<p>Identifica las partes del problema.</p> <p>Propone diferentes formas de resolución.</p> <p>Plantea un método de resolución.</p> <p>Resuelve el problema hasta el final.</p> <p>Justifica razonadamente todo el proceso.</p> <p>Analiza la coherencia de los resultados obtenidos.</p> <p>Obtiene conclusiones lógicas de los resultados.</p>	<p>Identifica las partes del problema.</p> <p>Plantea un método de resolución.</p> <p>Resuelve el problema hasta el final.</p>	<p>Sabe identificar las partes del problema.</p> <p>No resuelve el problema.</p>

ANEXO 10. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA, BIBLIOGRAFÍA DE PROFUNDIZACIÓN Y DIRECCIONES DE INTERNET DE INTERÉS



INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE ESKOLA



Bibliografía básica	<p>Eguzkitza J. M. y Lecubarri I. (2006): "Investigación Operativa. Temas básicos". Bilbao: Servicio de publicaciones EUITI.</p> <p>Eppen, G.D., Schimdt, C.P. y Gould, F.J. (2000): "Investigación de operaciones en la ciencia administrativa". México: Prentice Hall</p> <p>García, J., Fernández, L. y Tejera del Pozo, P. (1990): "Técnicas de I.O.". Madrid: Paraninfo.</p> <p>Hillier F.S., Lieberman G.J. (2001): "Investigación de Operaciones". México: Ed. McGraw-Hill.</p> <p>Infante Macias R. (1991): "Métodos de programación matemática. Vol I y II". Ed. UNED. Madrid</p> <p>Mathur K. y Solow D. (1996): "Investigación de Operaciones. El arte de la Toma de Decisiones". México: Prentice-Hall Iberoamericana S.A.</p> <p>Pérez Sainz de Rozas G. (2000): "Programación Matemática". Bilbao: Editorial Universidad del País Vasco.</p> <p>Taha H.A. (1998): "Investigación de operaciones. Una introducción". Ed. Prentice Hall. México.</p>
Bibliografía de profundización	<p>Bachem S., Grötschel M., Korte B. (1982): "Mathematical programming. The state of the art". Amsterdam: Ed. Springer Verlag.</p> <p>Cáceres J. J., Martín G. y Martín F. J. (2008): "Introducción al análisis multivariante de series temporales económicas". Madrid: Delta Publicaciones.</p> <p>Cryer J. D. y Chan K. S. (2009): "Time Series Analysis With Applications in R". New York: Springer.</p> <p>Escudero Laureano, F.(1976): "Programación Lineal". Bilbao: Ed. Deusto.</p> <p>Law A.M. y Kelton W.D. (1991): "Simulation Modeling and Analysis". New York: McGraw-Hill.</p> <p>Prawda. (1980): "Métodos y modelos de investigación de operaciones". México: Ed. Limusa.</p> <p>Saaty, T.L. (1983): "Elements of Queuing Theory With Applications". New York: Kluwer Academic Publishers.</p> <p>Zoutendijk, G. (1976): "Mathematical programming methods". New York: Ed. North-Holland.</p>
Direcciones de Internet de interés	<ul style="list-style-type: none"> • http://www.mit.edu/~orc/ • http://www.orsoc.org.uk/ • http://www.investigacionoperativa.com/ • http://members.tripod.com/operativa/ • http://ciberconta.unizar.es/docencia/invesope/
Plataforma virtual / Sitio web	<p>Moodle de la UPV/EHU para la asignatura "Investigación Operativa"</p>



Lecubbarri, I. (2013). ¿Cómo determinar la asignación óptima de recursos limitados cuando existen múltiples alternativas para utilizarlos? – IKD baliabideak 6 -<http://cvb.ehu.es/ikd-baliabideak/ik/lecubbarri-6-2013-ik.pdf>



Reconocimiento – No Comercial – Compartir Igual (by-nc-sa): No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.