TRABAJO PRÁCTICO N°2

Calidad, Recursos Humanos, Comunicaciones y Riesgos en Proyectos Petroleros

Fecha de entrega	Jueves 22/10/2026 – 23:59 hs
Modalidad	Grupal — mismos grupos conformados para el Trabajo Práctico N°1
Temas	Tema 5 (Recursos/RRHH), Tema 6 (Calidad), Tema 7 (Riesgo), Tema 9 (Comunicaciones)
Ponderación	Trabajos Prácticos: 10% de la calificación final (según Programa P1, punto 6.1)
Profesor	Mgter, Ing. Mauricio Garay, MBA, PMP Ing. Ariel Lucero

Integrantes del grupo

Apellido y Nombre	Legajo	Firma

Consigna general:

este trabajo práctico integra los temas de Calidad, Recursos Humanos, Comunicaciones y Riesgos mediante cinco ejercicios aplicados sobre un único caso de estudio: el Piloto de recuperación secundaria del Yacimiento Cerro Morado, presentado en la página siguiente.

Todos los ejercicios se resuelven sobre ese mismo proyecto y se encadenan entre sí, por lo que se recomienda leer el caso completo antes de comenzar y resolver los ejercicios en orden. Cada ejercicio indica los entregables esperados.

Formato de entrega: documento único (PDF o Word) con la resolución de los cinco ejercicios, identificando el grupo y sus integrantes, más las planillas de cálculo de soporte que el grupo considere necesarias (Pareto, histogramas, matrices y cálculos de EMV). Enviar a los correos electrónicos de los profesores.

Caso de estudio — Piloto de recuperación secundaria "Cerro Morado"

Importante: este caso (**Piloto Cerro Morado**) es la base común de los cinco ejercicios del TP.

La empresa operadora **Petrolera XYZ S.A.** opera el yacimiento maduro **Cerro Morado**, ubicado en el departamento de Malargüe (Mendoza). Luego de varios años de declinación de la producción primaria, la Gerencia del Activo decidió ejecutar un **proyecto piloto de recuperación secundaria por inyección de agua** en un sector del yacimiento, para validar técnica y económicamente la masificación del método en el resto del campo.

El alcance del piloto comprende:

- Conversión de 2 pozos productores a pozos inyectores (intervención con equipo de workover).
- Construcción de una planta modular de tratamiento del agua de producción para su reinyección.
- Tendido de una red de inyección de 6 km de cañería de acero soldada.
- Instalación de un sistema SCADA para el monitoreo en tiempo real de presiones y caudales de inyección.
- Puesta en marcha y seguimiento del piloto durante los primeros 6 meses de operación.

Para desarrollar el proyecto se conformó un equipo multidisciplinario integrado por personal de la operadora, la contratista **ABC Obras S.A.** (responsable de la ingeniería, provisión y construcción), una consultora especializada en reservorios y el proveedor del sistema SCADA. El equipo está formado por al menos los siguientes roles:

- Gerente del Activo Malargüe (patrocinador)
- Director del Proyecto (operadora)
- Asistente de Dirección / Control de Proyecto (operadora)
- Ingeniero de Reservorios (consultora)
- Geólogo (operadora)
- Ingeniero de Producción (operadora)
- Jefe de Obra (ABC Obras S.A.)
- Supervisor HSE (operadora)
- Inspector de Calidad (operadora)
- Responsable de Implementación SCADA (proveedor)
- Jefe de Compras (operadora)
- Coordinador de Relaciones con la Comunidad (operadora)

Además, el proyecto debe interactuar con interesados externos al equipo: la Dirección de Hidrocarburos y la Dirección de Protección Ambiental de la Provincia de Mendoza (autoridades de aplicación), los superficiarios de los campos atravesados por la red de inyección y el sindicato de trabajadores petroleros.

En la planificación inicial se identificaron los siguientes entregables principales. Sin embargo, no está claro quién es responsable de cada uno:

- Plan de Dirección del Proyecto
- Estudio de reservorio y modelo de simulación del piloto
- Ingeniería de detalle de la planta de tratamiento y de la red de inyección
- Conversión de pozos productores a inyectores
- Construcción y montaje de la red de inyección y la planta
- Puesta en marcha y monitoreo (6 meses)

- Informe de resultados del piloto y recomendación de masificación

La posterior extensión de la inyección al resto del yacimiento **no** forma parte del alcance del piloto.

Ejercicio 1 — Gestión de la Calidad: Pareto y costo de la calidad

Retomando el Piloto Cerro Morado, uno de sus entregables críticos es la **red de inyección de 6 km** construida por ABC Obras S.A. (ver alcance del caso de estudio). Durante su construcción se ejecutaron **500 juntas soldadas**, todas inspeccionadas mediante radiografía industrial. El contrato con ABC Obras S.A. establece como criterio de aceptación una **tasa de rechazo máxima del 5%** de las juntas inspeccionadas. El Inspector de Calidad registró los siguientes defectos en las juntas rechazadas:

Tipo de defecto detectado	Cantidad de juntas rechazadas
Porosidad	18
Falta de fusión	11
Inclusiones de escoria	8
Socavación (undercut)	5
Fisuras	3
Desalineación de bordes	2
TOTAL	47

Por otro lado, el Asistente de Dirección / Control de Proyecto de la operadora relevó los siguientes gastos vinculados a la calidad de la red de inyección:

Concepto	Monto (USD)
Capacitación y recalificación de soldadores según norma API 1104	12.000
Calificación de procedimientos de soldadura (WPS / PQR)	4.500
Radiografiado de las 500 juntas soldadas	38.000
Inspección visual y dimensional de cañerías recibidas en obra	6.000
Corte y re-soldadura de las 47 juntas rechazadas (USD 850 por junta)	39.950
Reparación de una pérdida detectada por Operaciones luego de la habilitación de la línea	54.000
Penalidad aplicada por la autoridad ambiental por el derrame asociado a esa pérdida	15.000

Se solicita:

- a) Calcular la tasa de rechazo de juntas soldadas y concluir si el trabajo de la contratista cumple el criterio de aceptación contractual.
- b) Construir el **diagrama de Pareto** de los defectos (tabla con frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado, más el gráfico) e identificar qué tipos de defecto explican aproximadamente el 80% de los rechazos.
- c) Elaborar un **diagrama causa-efecto (Ishikawa)** para el defecto más frecuente, utilizando las categorías 6M (mano de obra, método, materiales, máquinas, medición y medio ambiente), con al menos dos causas posibles por categoría.
- d) Clasificar cada gasto en una de las cuatro categorías del **costo de la calidad** (prevención, evaluación, fallas internas o fallas externas). Calcular el costo de conformidad, el costo de no conformidad y el costo total de la calidad.
- e) A partir de los resultados, argumentar si el proyecto invirtió lo suficiente en prevención y proponer dos acciones concretas de mejora para el próximo tramo de cañería, indicando si cada una corresponde a aseguramiento o a control de la calidad y qué rol del equipo del Piloto Cerro Morado sería responsable de implementarla.

Ejercicio 2 — Gestión de los Recursos: organización, RACI y nivelación

Continuando con el Piloto Cerro Morado, el Director del Proyecto debe organizar el equipo multidisciplinario descripto en el caso de estudio (personal de Petrolera XYZ S.A., ABC Obras S.A., la consultora de reservorios y el proveedor SCADA), asignar responsabilidades sobre los entregables y asegurar la disponibilidad de recursos críticos. La operadora cuenta con **3 Supervisores HSE** disponibles para el proyecto, quienes deben estar presentes en forma permanente en cada frente de trabajo activo. El cronograma preliminar del Piloto Cerro Morado (**6 meses** de duración) presenta los siguientes frentes de trabajo, que corresponden al alcance definido en el caso:

Actividad	Meses en que se ejecuta	Supervisores HSE requeridos	Holgura total
A – Conversión de pozos (workover)	Mes 2 a Mes 3	2	0 meses
B – Montaje de la red de inyección	Mes 3 a Mes 4	2	1 mes
C – Montaje de la planta de tratamiento	Mes 1 a Mes 3	1	0 meses
D – Tendido de línea eléctrica a la planta	Mes 3	1	2 meses
E – Instalación del sistema SCADA	Mes 4 a Mes 5	1	1 mes

Se solicita:

- a) Proponer el **organigrama del proyecto**, indicando qué tipo de estructura organizacional (funcional, matricial débil, matricial equilibrada, matricial fuerte u orientada a proyectos) adopta la operadora y justificando la elección en función de la participación de ABC Obras S.A., la consultora y el proveedor SCADA.
- b) Construir una **Matriz de Asignación de Responsabilidades (RACI)** para al menos 4 de los entregables listados en el caso, considerando al menos 6 de los roles del equipo del Piloto Cerro Morado. Verificar que cada entregable tenga un único responsable final (A).
- c) Construir el **histograma de recursos** de Supervisores HSE (meses 1 a 6) a partir del cronograma preliminar e identificar en qué meses se produce sobreasignación respecto de la disponibilidad.
- d) Proponer una **nivelación de recursos** utilizando únicamente las holguras disponibles, presentar el nuevo histograma y verificar si la fecha de fin del proyecto se modifica.
- e) Si la holgura de las actividades fuera nula, indicar qué alternativas tendría el Director del Proyecto (por ejemplo: contratación temporal, horas extra, extensión del plazo) y qué impacto tendría cada una sobre el costo, el plazo y el riesgo HSE del proyecto. Estas alternativas se retomarán en el análisis de riesgos de los Ejercicios 4 y 5.

Ejercicio 3 — Gestión de las Comunicaciones: canales, matriz y métodos

El equipo del Piloto Cerro Morado está conformado actualmente por los **12 roles** listados en el caso de estudio, a los que se suman los interesados externos allí identificados (autoridades de aplicación, superficiarios y sindicato). Durante la etapa de puesta en marcha se incorporarán **4 personas más**: dos técnicos de campo del proveedor SCADA, un auditor de la Dirección de Hidrocarburos y un representante de los superficiarios.

Además, durante la conversión del primer pozo productor a inyector (uno de los entregables del caso), la cuadrilla de workover ejecutó la intervención con la **revisión B** del programa de trabajo, cuando la revisión vigente era la **C** (que modificaba la densidad del fluido de ahogue). La revisión C había sido enviada por correo electrónico al Jefe de Obra el día anterior, pero no llegó a la locación. El error obligó a repetir la maniobra y generó una pérdida de **2 días de equipo**.

Se solicita:

- a) Calcular la cantidad de **canales de comunicación** del equipo actual y la cantidad resultante luego de la incorporación de las 4 personas. ¿En qué porcentaje aumenta la complejidad de las comunicaciones? ¿Qué implicancias tiene para el Director del Proyecto?
- b) Elaborar la **Matriz de Comunicaciones** para al menos 4 interesados del Piloto Cerro Morado (al menos 2 deben ser externos al equipo), indicando para cada uno: qué información se comunica, propósito, responsable de emitirla, frecuencia, medio/formato y método (interactivo, push o pull).
- c) Clasificar las siguientes comunicaciones según el método (interactivo, push o pull), justificando brevemente: (1) reunión de lanzamiento (kick-off) con ABC Obras S.A.; (2) envío semanal del informe de avance por correo electrónico al patrocinador; (3) repositorio en la nube con planos y procedimientos aprobados; (4) notificación formal de un incidente ambiental a la autoridad de aplicación; (5) videoconferencia diaria de coordinación con la consultora de reservorios; (6) tablero de indicadores del piloto publicado en la intranet.
- d) Analizar la falla ocurrida con el programa de workover utilizando el **modelo básico de comunicación** (emisor, codificación, mensaje, medio, ruido, decodificación, receptor y retroalimentación): identificar en qué elementos del modelo se produjo la falla y proponer al menos dos controles para evitar que se repita. Relacionar la respuesta con la gestión de la calidad (control de documentos) vista en el Ejercicio 1 y con la matriz RACI del Ejercicio 2.

Ejercicio 4 — Gestión del Riesgo: matriz de probabilidad e impacto

Considerando que el puntaje de los riesgos se calcula mediante la fórmula **P = Probabilidad × Impacto**, desarrolle el siguiente ejercicio.

Para priorizar los riesgos del Piloto Cerro Morado, Petrolera XYZ S.A. asigna un puntaje de **0,05** a los impactos muy bajos, aumentando hasta **0,80** para los impactos muy altos. La probabilidad se califica en una escala de 1 (muy baja) a 5 (muy alta). Además, ha definido la categorización de los impactos según la siguiente tabla:

Riesgo / Impacto	**Muy bajo** 0,05	**Bajo** 0,10	**Moderado** 0,20	**Alto** 0,40	**Muy alto** 0,80
Exceso de costos (% del presupuesto)	< 1%	1% – 5%	5% – 10%	10% – 20%	> 20%
Exceso de plazo (días de demora)	< 3	3 – 5	6 – 15	16 – 30	> 30
Mala calidad (fallas cada 100.000 unidades)	< 5	5 – 10	11 – 20	21 – 40	> 40

Para el Piloto Cerro Morado, el analista de riesgos identificó los siguientes eventos:

- **Tipo de cambio:** la cañería de inyección y las bombas de alta presión son importadas. Ante una devaluación, el presupuesto del proyecto aumentaría aproximadamente un **12%**. Se estima una probabilidad **alta** de ocurrencia.
- **Nevadas invernales:** las nevadas en Malargüe pueden cortar los caminos de acceso a la locación, provocando un retraso aproximado de **10 días**. Se estima una probabilidad **muy alta**, dado que parte del montaje coincide con el invierno.
- **Válvulas defectuosas:** el lote de válvulas de retención fue adquirido a un proveedor nuevo, sin antecedentes en la operadora. Si el lote resultara defectuoso, se esperan aproximadamente **25 fallas cada 100.000 unidades**. La probabilidad se considera **baja**, dado que el proveedor presentó certificados de ensayo.
- **Permiso ambiental:** la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del piloto podría demorarse en la autoridad de aplicación, retrasando el inicio de la inyección aproximadamente **35 días**. La probabilidad se considera **moderada**.
- **Tarifas de transporte:** un aumento en las tarifas de transporte de carga incrementaría el presupuesto aproximadamente un **0,8%**. La probabilidad se considera **moderada**.

El analista fija la siguiente escala para priorizar los riesgos: puntaje entre **0 y 0,49** → prioridad baja; entre **0,50 y 1,00** → prioridad media; mayor a **1,00** → prioridad alta.

Se solicita:

- a) Completar la siguiente matriz de probabilidad e impacto con el puntaje P de cada celda e indicar con un color la zona de prioridad baja, media y alta.

Probabilidad / Impacto	**Muy bajo** 0,05	**Bajo** 0,10	**Moderado** 0,20	**Alto** 0,40	**Muy alto** 0,80
5 – Muy alta					
4 – Alta					
3 – Moderada					
2 – Baja					
1 – Muy baja					

- b) Para cada uno de los 5 riesgos identificados, determinar la calificación de probabilidad, la categoría de impacto, el puntaje P y la prioridad resultante. Ubicar los riesgos en la matriz.
- c) Para los riesgos de **prioridad alta**, proponer una estrategia de respuesta (evitar, transferir, mitigar o aceptar), indicando la acción concreta, el disparador (señal de alerta) y el responsable del riesgo, elegido entre los roles del organigrama propuesto en el Ejercicio 2.
- d) El riesgo de nevadas tiene probabilidad muy alta y, sin embargo, su prioridad no resulta alta. Discutir brevemente esta situación y las limitaciones de las escalas cualitativas para priorizar riesgos.

Ejercicio 5 — Gestión del Riesgo: EMV y reserva de contingencia

Parte I — Registro de riesgos cuantificado. Completando el análisis cualitativo del Ejercicio 4, el equipo del Piloto Cerro Morado cuantificó los siguientes eventos (amenazas y una oportunidad), en el mismo formato utilizado en clase:

ID	Evento	Tipo	Probabilidad	Impacto (USD)	EMV (USD)
R1	Rotura de la cañería de inyección por corrosión durante la puesta en marcha	Amenaza	20%	90.000	?
R2	Demora en la entrega de las bombas de inyección (equipo y cuadrilla parados)	Amenaza	35%	120.000	?
R3	Irrupción temprana de agua en un pozo productor vecino (canalización)	Amenaza	15%	250.000	?
R4	Paro gremial que detiene los trabajos de campo	Amenaza	10%	150.000	?
O1	Reutilización total del agua de producción tratada, evitando la compra de agua dulce	Oportunidad	50%	80.000 (ahorro)	?

Se solicita:

- a) Redactar cada evento con el lenguaje del riesgo visto en clase: **Debido a <causa>, puede ocurrir <evento incierto>, lo que provocaría <efecto sobre el objetivo>**, y asignarle su categoría de la RBS.
- b) Calcular el **Valor Monetario Esperado (EMV = P × I)** de cada evento y el **EMV neto** del piloto, recordando que las oportunidades compensan la exposición de las amenazas.
- c) Indicar qué evento representa la mayor exposición y explicar por qué un evento con menor probabilidad puede tener un EMV mayor que otro más probable.
- d) Proponer el monto de la **reserva de contingencia** del piloto a partir del EMV neto. Explicar la diferencia entre reserva de contingencia y reserva de gestión, indicando cuál integra la línea base y quién autoriza el uso de cada una.
- e) Proponer una estrategia de respuesta para la amenaza de mayor EMV (evitar, transferir, mitigar o aceptar) y para la oportunidad O1 (explotar), indicando el disparador y el rol del equipo responsable de cada respuesta.

Parte II — Comparación de alternativas por costo esperado. El alcance del Piloto Cerro Morado prevé convertir 2 pozos productores a inyectores. Para el segundo pozo existe antecedente de baja inyectividad en la formación; si ocurre, el costo adicional de remediación (estimulación ácida) es de **USD 800.000**. El equipo evalúa dos alternativas:

Alternativa	Costo base (USD)	Probabilidad de baja inyectividad
A — Conversión directa	1.200.000	30%
B — Ensayo previo de inyectividad (step-rate test) y ajuste del diseño de la conversión	1.350.000 (incluye USD 150.000 del ensayo)	8%

Se solicita:

- f) Calcular el **costo esperado** de cada alternativa (costo base + probabilidad × costo adicional) e indicar cuál conviene adoptar y el ahorro esperado.
- g) Explicar por qué la alternativa con mayor costo inicial puede resultar la de menor costo esperado, e identificar qué estrategia de respuesta al riesgo representa la Alternativa B.
- h) Calcular el **costo máximo** que podría tener el ensayo de inyectividad para que la Alternativa B siga siendo conveniente.