



UTPL

La Universidad Católica de Loja

Modalidad Abierta y a Distancia

Diseño Experimental

Guía didáctica

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas



Departamento de Ciencias Biológicas

Sección departamental de Ecología y Sistemática

Diseño Experimental

Guía didáctica

Autor:

Naranjo Franco Carlos James



Asesoría virtual
www.utpl.edu.ec

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario


Referencias
bibliográficas

Diseño Experimental

Guía didáctica

Naranjo Franco Carlos James

Universidad Técnica Particular de Loja

 4.0, CC BY-NY-SA

Diagramación y diseño digital:

Ediloja Cía. Ltda.

Telefax: 593-7-2611418.

San Cayetano Alto s/n.

www.ediloja.com.ec

edilojainfo@ediloja.com.ec

Loja-Ecuador

ISBN digital - 978-9942-25-967-7



La versión digital ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite: copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

30 de octubre, 2020

Índice

1. Datos de información.....	8
1.1. Presentación de la asignatura.....	8
1.2. Competencias genéricas de la UTPL.....	8
1.3. Resultados de aprendizaje del perfil de egreso.....	9
1.4. Problemática que aborda la asignatura	9
2. Metodología de aprendizaje.....	10
3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje.....	11
Primer bimestre	11
Resultado de aprendizaje 1	11
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	11
Semana 1	11
Unidad 1. Introducción al diseño experimental.....	12
1.1. Definiciones básicas en el diseño de experimentos	12
Actividades de aprendizaje recomendadas	18
Semana 2	18
1.2. Etapas sobre el diseño de experimentos	19
Actividades de aprendizaje recomendadas	22
Semana 3	23
1.3. Consideraciones generales sobre el uso de métodos estadísticos.	23
Semana 4	25
1.4. Pasos para el planteamiento del diseño de investigación	25

1.5. Aplicación práctica en la selección de variables de respuesta.....	29
Actividades de aprendizaje recomendadas	31
Semana 5	31
1.6. Tipos y selección de diseños experimentales.....	32
Autoevaluación 1	34
Resultado de aprendizaje 2	38
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	38
Semana 6	38
Unidad 2. Elementos de inferencia estadística.....	38
2.1. Experimentos comparativos simples	38
2.2. Conceptos básicos de pruebas de hipótesis	43
Actividades de aprendizaje recomendadas	45
Resultado de aprendizaje 3	45
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	45
Semana 7	45
Unidad 3. Experimentos con un solo factor.	46
3.1. Análisis de varianza de un factor – ANOVA	46
3.2. Diseño completamente al azar.....	48
Actividades de aprendizaje recomendadas	50
Autoevaluación 2	51
Actividades finales del bimestre.....	54
Resultado de aprendizaje 1	54
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	54
Semana 8	54

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

Segundo bimestre	56
Resultado de aprendizaje 4.....	56
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	56
Semana 9	56
3.3. Pruebas o comparaciones de rango múltiple.....	56
3.4. Verificación de los supuestos del modelo	58
Actividades de aprendizaje recomendadas	61
Resultado de aprendizaje 5.....	62
Semana 10	62
Unidad 4. Diseño en bloques.....	62
4.1. Diseño en bloques aleatorizados.	63
4.2. Diseño en bloques incompletos balanceados.....	64
Semana 11	65
4.3. Diseño en bloques de cuadro latino.	66
4.4. Diseño en bloques grecolatino.....	67
Actividades de aprendizaje recomendadas	69
Autoevaluación 3	70
Semana 12	73
Unidad 5. Diseños Factoriales.....	73
5.1. Conceptos básicos.....	73
5.2. Ventajas de los diseños factoriales.....	74
Semana 13	75
5.3. Diseños con dos factores.	75
5.4. Diseños con tres factores.....	76
Actividades de aprendizaje recomendadas	77

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

Semana 14	78
5.5. Diseños con dos factores.	78
5.6. Diseños con tres factores.	78
Semana 15	79
5.7. Diseño factorial general.	79
5.8. Modelos de efectos aleatorios.	80
Actividades de aprendizaje recomendadas	81
Autoevaluación 4	82
Actividades finales del bimestre	85
Semana 16	85
4. Solucionario	86
5. Referencias bibliográficas	94

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

1. Datos de información

1.1. Presentación de la asignatura



1.2. Competencias genéricas de la UTPL

- Orientación a la innovación y a la investigación.
- Pensamiento crítico y reflexivo.

1.3. Resultados de aprendizaje del perfil de egreso

Comparar mediante análisis estadístico las alternativas de optimización de recursos en los ambientes laborales, para la toma de decisiones en base a evidencias a fin de mejorar la productividad y competitividad de los sistemas de producción y manufactureros anteponiendo el cuidado integral de los trabajadores.

Recolecta, analiza e interpreta datos cuantitativos y cualitativos, que respalden las propuestas de prevención y manejo de enfermedades ocupacionales.

1.4. Problemática que aborda la asignatura

Escasa gestión integral de riesgos que disminuya la vulnerabilidad y garantice a la ciudadanía la prevención, respuesta y atención a todo tipo de emergencias y desastres originados por causas físicas, químicas, biológicas, psicológicas, ergonómicas y/o antrópicas.



2. Metodología de aprendizaje

Estimado estudiante; en el componente de *Diseño Experimental* se utilizará principalmente el aprendizaje basado en problemas (ABP), prácticas de análisis estadístico y gamificación que se puede desarrollar en una variedad de escenarios y permite utilizar diversas estrategias para el aprendizaje, una de las características del ABP es que el estudiante se sitúa en un contexto real de su profesión y desarrolla el pensamiento crítico y la toma de decisiones para la resolución de un problema de la profesión, estos problemas aparecen como foros, prácticas o cuestionarios en el desarrollo de la asignatura.

La Gamificación actualmente está reconocida como una técnica de aprendizaje que lleva los juegos al ámbito educativo lo cual permite al estudiante desarrollar competencias como: pensamiento creativo e independencia en el aprendizaje. En este contexto usted tendrá que realizar actividades como sopas de letra, crucigramas e infografías que le permitan fijar conocimientos de forma divertida.

Este texto guía es una recopilación de información revisada por el autor y descrita progresivamente con la idea de hacer más fácil el uso de diseños experimentales en la aplicación del desempeño profesional en todo ámbito, aunque esté orientado a estudiantes de la carrera de Seguridad y Salud Ocupacional de la UTPL. Muchos de los fundamentos teóricos usted los podrá obtener revisando la obra titulada Análisis y Diseños de Experimentos. Tercera Edición. (Gutiérrez & de la Vara, 2012)

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)



3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje



Primer bimestre

Resultado de aprendizaje 1

Comprende cuando usar cada diseño experimental.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje

Estimado estudiante, bienvenido a la asignatura Diseño Experimental a lo largo del desarrollo del curso se pretende compartir, poner en práctica y desarrollar competencias que le permitan diseñar experimentos, seleccionar variables y analizar relaciones de tal manera que usted al finalizar pueda alcanzar el resultado de aprendizaje 1, para lo cual se han seleccionado algunos contenidos que los iremos estudiando en cada bimestre.



Semana 1

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)



Unidad 1. Introducción al diseño experimental.

1.1. Definiciones básicas en el diseño de experimentos

Entender el diseño experimental demanda conocer e interiorizar algunos conceptos fundamentales o básicos, que son necesarios para empezar a intentar no solo diseñar sino seleccionar el tipo de diseño en función de las necesidades o disponibilidad de información. Pero primero es importante que usted pueda responder las siguientes preguntas:

¿Qué es el diseño experimental?

Creo que usted estará de acuerdo con la definición: [...] El *diseño estadístico de experimentos* es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. Consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras [...] (Gutiérrez, et al., 2012).

En general nuestra intención al diseñar experimentos siempre será planear y ejecutar pruebas con el fin de obtener datos que posteriormente analizaremos usando herramientas estadísticas que nos proporcionen evidencias para responder las preguntas planteadas sobre un evento o proceso que queremos mejorar.

¿Por qué diseñar?

En la toma de decisiones se puede esperar a que un evento o proceso emita señales por si solo o se puede manipular dicho evento para obtener esas señales. En el segundo caso la razón es intentar buscar que el evento o proceso mejore. Esto inherentemente generará conocimiento sobre el sistema o proceso, si se utiliza un conjunto de técnicas estadísticas que permiten entender situaciones de *causa y efecto* conseguiremos no solamente tener sustento sobre nuestras afirmaciones o conclusiones sobre el evento o proceso, sino que también generaremos más conocimiento e incertidumbre para posteriores ajustes.

En el campo de la Seguridad y salud ocupacional que es considerado un nuevo paradigma de gestión estratégica en las organizaciones (Matínez, 2017) usted diseñará experimentos para mejorar las condiciones de salud y de trabajo en las empresas e instituciones, a través de tareas de identificación, medición, análisis, evaluación y control de los diferentes riesgos laborales.

Procesos clave en el diseño experimental

El objetivo principal es que usted y quien diseñe un experimento logren que el proceso de generar conocimiento y aprendizaje se vuelva lo más eficiente posible porque lo que se persigue es generar nuevas ideas y mejores respuestas (Gutiérrez, et al., 2012). Podríamos mencionar que el punto de partida es generar una hipótesis (declaraciones o suposiciones de algo posible o no posible con el fin de obtener una consecuencia, de acuerdo a la definición de la palabra). La hipótesis inicial nos lleva a un **proceso de deducción** - en el que se asume como verdadera la hipótesis y se deducen consecuencias-, posteriormente se debe comparar datos. Cuando los resultados de los datos no corresponden se llega a un **proceso de inducción** - en el que se busca ajustar una nueva hipótesis que justifique la discrepancia con los datos- y así empieza

un ciclo de teoría y datos creando lo que se conoce como ciclo de retroalimentación en el proceso de generación de conocimiento y aprendizaje (ver figura 1)

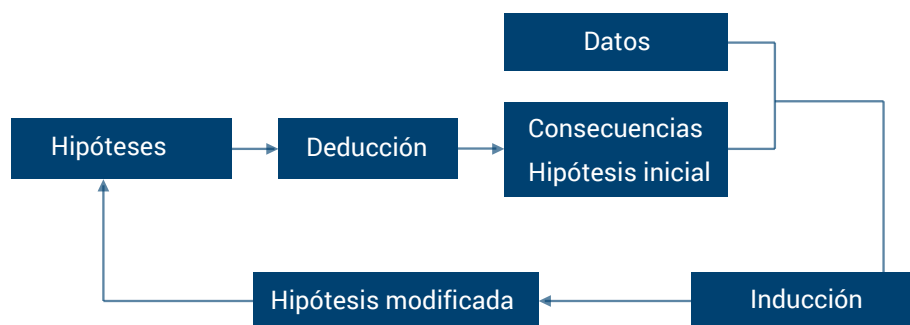


Figura 1. Proceso de generación de conocimiento y aprendizaje (Adaptado de Gutiérrez, et al., 2012)

¿Qué es un experimento?

Manipulación de las condiciones de funcionamiento de un sistema o proceso, con el fin de conseguir medir el efecto del cambio sobre una o varias propiedades del sistema, proceso o producto que se quiere conseguir, incrementando el conocimiento que se tiene del sistema.

¿Qué es una unidad experimental?

Muestra utilizada para generar un valor representativo del resultado de un experimento. La o las unidades experimentales deben ser definidas cuidadosamente dependiendo del proceso o sistema que se estudia, esto implica que la unidad experimental puede estar representada por individuos, piezas o compuestos, parcelas, lotes, maquinarias, por mencionar unas cuantas.

Unidad de observación

Son los individuos, piezas o componentes a los que se realizan mediciones con el fin de obtener datos u observaciones, en general en estos se hace la medición de la variable de respuesta que usted encontrará más adelante.

Variables

Por definición toda variable es algo sujeto a algún cambio, es inestable, inconstante y mudable, representada generalmente por símbolos (números) que hacen posible identificar un elemento dentro de un conjunto, en estadística se define una variable como una propiedad que adquiere distintos valores.

Por ejemplo: x es una variable del conjunto $(0, 2, 4, 6, 8)$, lo que hace que x sea igual a cualquiera de los números mencionados, y como es una propiedad x puede ser reemplazada por cualquier número par incluyendo cero y hasta 8.

Existen varias clases de variables, pero en este capítulo solo nos referiremos a las más utilizadas en el diseño experimental.

Variable de respuesta y explicativa

La variable de respuesta también es llamada variable dependiente y típicamente se grafica en el eje Y , se usa para medir el resultado en un estudio o experimento. Con la variable de respuesta se conoce el efecto del resultado de una prueba experimental (Gutiérrez, et al., 2012)

La variable explicativa también la encontrará usted mencionada como variable independiente y típicamente se grafica en el eje X . La variable explicativa, explica cambios en la variable de respuesta. Se define como los cambios de la variable de respuesta en el resultado de una prueba experimental (Gutiérrez, et al., 2012).

Factores estudiados

Los factores son variables que se deben investigar en el experimento, es decir, se investiga cómo afectan a la variable de respuesta. Se pueden clasificar en dos grupos;

Factores controlables, son también llamados: variables del diseño, parámetros del proceso, variables de entrada, la x de un proceso, por mencionar algunos otros nombres, en todo caso, son variables que se pueden fijar en un nivel dado durante el experimento, se logran distinguir porque se pueden manipular.

Por ejemplo, la temperatura de cocción del pan, no es independiente por sí, existe un mecanismo que hace posible que se pueda fijar.

Otros ejemplos de variables que se pueden controlar son: Tiempo de trabajo, cantidad de un elemento utilizado, tipo del elemento, velocidad, presión, cargo de trabajo, etc.

Factores no controlables, también llamado ruido, son variables que NO se pueden controlar durante el experimento.

Por ejemplo, El estado de ánimo del obrero al momento de realizar un trabajo o recibir una orden.

Otros ejemplos de variables que no se pueden controlar son: luz, temperatura, humedad, ruido, el número de personas que saluda un trabajador.

Nota: Cuando se cuenta con el mecanismo o la tecnología para controlar una variable no controlable esta se convierte en un factor controlable.

Niveles y tratamientos

Los **niveles** también llamados puntos de diseño son las magnitudes que se asignan o alcanzan las mediciones de cada factor en un diseño experimental (Gutiérrez, et al., 2012) y los **tratamientos** resultan de la combinación de niveles de todos los factores estudiados.

Por ejemplo: supongamos dos factores altura y peso que influencia en el rendimiento de los obreros en una empresa, y se quiere probar cada factor en dos niveles, el resultado de los tratamientos será cada combinación de los niveles **dados, en cuyo caso existirán cuatro tratamientos (ver tabla 1).**

Nivel de altura	Nivel de peso	Tratamientos	Y
1	1	1	¿?
2	1	2	¿?
1	2	3	¿?
2	2	4	¿?

Tabla 1. Niveles y tratamientos ejemplizados para la relación de los factores altura y peso (adaptado de Gutiérrez, et al., 2012).

Tipos de error en el diseño experimental

En cualquier estudio experimental, existe cierta variabilidad que se observa en los datos y por tanto que no puede ser explicada por los factores estudiados o de interés, principalmente porque se deben a causas comunes, cuando esto ocurre se atribuye esa porción de la variabilidad al **error aleatorio**: que son observaciones que no se pueden explicar por los factores estudiados y resulta del efecto de los factores no estudiados y el **error experimental**: que es el componente del error aleatorio que refleja los errores del experimentador en la planificación y ejecución del experimento.

Matriz de diseño

Para ejecutar un diseño experimental es fundamental decidir que pruebas o tratamientos se van a hacer, además cuántas repeticiones se requieren, con el objetivo de obtener más información de manera más eficiente (en relación al esfuerzo y los costos del experimento), para ello se elabora un arreglo conformado por los tratamientos y las repeticiones, a esto se lo conoce como matriz de diseño o simplemente diseño.



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Una vez que realizó la revisión de los contenidos de esta unidad le invito a desarrollar las siguientes actividades recomendadas sobre los temas planteados en esta semana, el cumplimiento de las mismas le servirá como refuerzo de los conocimientos más importantes a considerar en la presente unidad:
- Resuelva el crucigrama #1. esta actividad se centra en revisar algunos conceptos abordados en la unidad 1.

[Crucigrama: introduccion al diseño experimental](#)



Semana 2

1.2. Etapas sobre el diseño de experimentos

En la práctica, el diseño de un experimento demanda organización para conseguir el éxito, para alcanzar esto es necesario ejecutar por etapas, diferentes actividades. Las etapas del diseño experimental son;

Planeación y la ejecución

Para conseguir el éxito en su experimento usted debe planificar estrategia o actividades, establecidas de forma clara y concreta para entender y delimitar un problema u objeto de estudio. Para poder responder a las preguntas o solucionar un problema la planeación es seguramente el paso más importante y a la que debe usted dedicar mayor tiempo.

Por ejemplo: Tiene usted que decidir sobre el mejor equipo de seguridad para los trabajadores en una industria cuyo ambiente laboral necesita proveer a sus trabajadores de equipos de protección especial contra productos químicos.



Figura 2. Distintos trajes y accesorios de seguridad industrial

Todo empieza por **entender y delimitar el problema**, en este caso, es necesario que usted haga una investigación previa entorno al objeto de estudio, debe quedarle claro:

¿Qué es lo que va a estudiar?

¿Porqué es importante estudiarlo?

Si se trata de un problema; ¿cuál es la magnitud de este problema?

Seleccionar la o las variables de respuesta y verificar la confiabilidad de las mediciones; Especificar lo que se quiere comparar seguramente será de gran ayuda para usted y facilitará la planificación hasta la consecución de los resultados. La elección de la(s) variable(s) de respuesta es vital, puesto que refleja el resultado de las pruebas, por lo que deberían elegirse las que mejor reflejen el problema, recuerde tener certeza en que las mediciones que haga sean confiables (Gutiérrez, et al., 2012).

Definir los factores que se estudiarán, estos de acuerdo con la influencia sobre la variable de respuesta. no implica que usted deba de saber de primera mano cuáles factores influyen, ya que por eso es el experimento, sino que de usted utilice toda la información disponible y revisada para determinar e incluir en su diseño los factores que se cree tienen un mayor efecto.

Escoger los niveles de cada factor a estudiar y el diseño experimental más apropiado de acuerdo a los factores y los objetivos planeados; implica saber o planificar cuántas repeticiones se deberán hacer para cada tratamiento. No olvide tomar en cuenta los recursos disponibles, tiempo y dinero, e inclusive los riesgos a los que se expone, como por ejemplo si lo que se quiere es seleccionar el tipo de traje basado en un experimento que incluya a los trabajadores. La organización selección de los factores lo guiará a la elección del tipo

de diseño experimental apropiado a su investigación, los tipos los revisaremos más adelante.

Organizar las labores experimentales. Una vez seleccionado el tipo de diseño experimental es muy importante que usted organice y planifique con mucho detalle el trabajo necesario para el experimento, por ejemplo, las personas que van a usar el traje, la forma en que se harán las mediciones, el tiempo que dedicará a cada etapa, etc.

Ejecutar el experimento. Una vez seleccionado el tipo de diseño experimental es muy importante que usted organice y planifique con mucho detalle el trabajo necesario para el experimento, por ejemplo, las personas que van a usar el traje, la forma en que se harán las mediciones, el tiempo que dedicará a cada etapa, etc.

Una vez organizado y planeado todo, es de mayor importancia que se sigan al pie de la letra el plan antes previsto.

Nota: si llegara a surgir un imprevisto hay que determinar las acciones o las direcciones a tomar y a quién reportar.

Análisis

Esto implica que usted como investigador no debe olvidar que los experimentos obtienen muestras de una población, por ende, piense usted que debe usar métodos estadísticos inferenciales con el fin de asegurar que los efectos encontrados sobre las muestras son lo suficiente como para garantizar las generalizaciones sobre la población (Gutiérrez, et al., 2012).

Interpretación

La interpretación de los resultados a partir de los análisis estadísticos, debe ser minuciosa y en contraste con la o las hipótesis iniciales, lo que se busca es un nuevo aprendizaje o conocimiento

del proceso, verificar supuestos y elegir el mejor tratamiento con el apoyo de los análisis (pruebas estadísticas).

Control y conclusiones finales

Antes de comunicar los hallazgos y dar por concluido el experimento, es conveniente hacer conclusiones y tal vez recomendaciones, en nuestro ejemplo inicial habrá que sugerir la toma de una decisión (de un tipo de traje y accesorios), o en general, decidir que medida se utilizarán o implementarán para generalizar los resultados del experimento y buscar la manera de que el mejor tratamiento se mantenga. Luego de esto es importante comunicar o difundir los logos o hallazgos con una presentación o una comunicación escrita.



Actividades de aprendizaje recomendadas

- Una vez que realizó la revisión de los contenidos de esta unidad le invito a desarrollar las siguientes actividades recomendadas sobre los temas planteados en esta semana, el cumplimiento de las mismas le servirá como refuerzo de los conocimientos más importantes a considerar en la presente unidad:

Resuelva la Sopa de letras #1, esta actividad se centra en revisar algunos conceptos abordados en la unidad 1.

[Sopa de letras: etapas sobre el diseño de experimentos](#)

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas



Semana 3

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

1.3. Consideraciones generales sobre el uso de métodos estadísticos.

Aunque bajo el título “Consideraciones generales sobre el uso de métodos estadísticos” intentaremos generar una idea del análisis de datos usando métodos estadísticos, es necesario que usted no olvide de donde surgió la idea o la intención de solucionar un problema y que por si solo los resultados de los análisis no garantizan el éxito del experimento.

Según Gutiérrez y de la Vara (2012) **el conocimiento no estadístico es vital**, haciendo referencia a ese conocimiento técnico o práctico sobre el proceso que se estudia que nos permitirán como investigadores poder apreciar con relativa facilidad los aspectos clave del objeto de estudio o proceso para poder hacer conjeturas precisas, seleccionar variables de respuesta y los factores que se deben estudiar. Además, permite reconocer la diferencia entre significancia estadística e importancia práctica; a veces nuestros resultados presentan diferencias significativas entre tratamientos, pero en la práctica no necesariamente es importante.

Nota: Significancia estadística, quiere decir, que hay evidencia de que hay alguna diferencia entre variables estudiadas o entre los tratamientos aplicados en un experimento. En cuyo caso el resultado o efecto analizado es improbable que se deba al azar. El nivel de significancia de una prueba estadística está asociada a las pruebas de hipótesis.

Sin embargo, el diseño experimental tiene que ver con eventos de la naturaleza (asumiendo a la naturaleza como todo lo que ocurre en el planeta) o hechos que son **observables y repetibles**, sin embargo, “nada ocurre exactamente de la misma forma dos veces” (Gutiérrez, et al., 2012). esto implica que hay cierta variabilidad (pequeñas diferencias) en esas observaciones, entonces ¿cómo se alcanza esta repetibilidad que demanda la ciencia o el diseño experimental?

Entonces, el punto de partida real para una correcta planeación del experimento es aplicar los principios básicos del diseño experimental; Aleatorización, Repetición y bloqueo, que revisaremos a manera de definiciones a continuación:

Aleatorización

Consiste en experimentar en orden al azar con elementos seleccionados también al azar, esto influye a que el supuesto de independencia del error se cumpla en cada análisis o prueba de la respuesta. También asegura que las pequeñas diferencias de los factores no controlados, se reparta homogéneamente en todos los tratamientos.

Por ejemplo: se aleatoriza cuando se escojen los trajes de manera que no sean influenciados por alguna condición (un solo proveedor), sino que se somete a un concurso abierto de oferta en función de un listado o pliego de petición y se aleatoriza más aún, si el pedido se hace a través de medios de comunicación de alcance estatal.

Repetición

Implica realizar o “correr” más de una vez un tratamiento o combinación de factores, recuerde no confundir este principio con medir varias veces el mismo resultado. Repetir permite distinguir, que parte, de la variabilidad de los datos se debe al error aleatorio y que parte, se debe a los factores.

Nota: repetir es volver a realizar un tratamiento, cuando no hay repetición no hay forma de estimar la variabilidad propia del tratamiento o las variables (factores) ni el error aleatorio.

Por ejemplo: se repite cuando se somete a prueba la resistencia de los trajes en varias ocasiones y condiciones.

Bloqueo

Implica nulificar de forma “apropiada” todas las variables que pudieran afectar la respuesta, es decir, toma en cuenta de forma adecuada todos los factores que puedan afectar la respuesta, esto supone que al bloquear, el subconjunto de datos obtenidos en el nivel particular del factor bloqueado debería ser más homogéneo que los datos totales.

Por ejemplo: si se quiere probar la resistencia de los trajes se puede bloquear el factor usuario haciendo que una misma persona use todos los trajes en distintas actividades, esto si se supusiera que el usuario influye en la resistencia del traje.



Semana 4

1.4. Pasos para el planteamiento del diseño de investigación

Planear el diseño de investigación es considerado desde su inicio por R. A. Fisher en su libro titulado “The design of experiments” en 1935, como la etapa inicial y fundamental. Parte de los principios básicos antes mencionados (Aleatorización, repetición y bloqueo) y establece un modelo estadístico que cuantifica la variación de los factores controlables y no controlables a través de la respuesta.

A continuación se detallan los pasos:

Paso 1. Enunciar la pregunta de Investigación

Implica redactar preguntas que sean contestables, comparativa, sencilla y atractiva, recuerde cuando haga su pregunta de investigación que esta debe incluir los factores que intervienen en el diseño.

Paso 2. Clasificar la Investigación

Es necesario que usted decida que tipo de investigación realizará, es decir, si será de **tipo observacional**, siguiendo el ejemplo anterior; observando que traje cumple con el objetivo de proteger mejor a los trabajadores, si este fuera el objetivo), en cuyo caso los factores aleatorios son reducidos o de **tipo experimental**, manipulando variables y controlando variables con el fin de obtener las respuestas, por ejemplo, probando los distintos trajes toda vez que haya hecho una selección previa con miras a reducir los costos del experimento.

Paso 3. Ámbito espacial y temporal de la pregunta

Implica definir el área de estudio con exactitud, así mismo, definir el tiempo en que se realizará la investigación

Paso 4. Especificar lo que se quiere comparar

Es decir, mencionar los factores de diseño o variables independientes, al menos un factor y sus niveles, recuerde que los factores se enuncian en la pregunta, por ejemplo ¿Cómo cambia la resistencia de los trajes de protección en función del material de confección?

Paso 5. Justificar los niveles de cada factor

Esto implica identificar las mediciones que adoptará cada factor, pudiendo ser de tipo niveles discretos, por ejemplo, porcentaje de materiales resistentes a abrasiones (10%, 20%, 30%) o de tipo niveles continuos, por ejemplo, el tiempo de vida útil.

Paso 6. Especificar la unidad de respuesta

Implica enunciar de que tipo serán las unidades de respuesta, es decir, natural como la parcela, comunidad, persona, empresa entre otras o artificial como un frasco, conjunto de tubos, cajas Petri de cultivo, etc.

Paso 7. Enlistar los posibles factores alineados

En este paso es conveniente también que usted haga un listado de posibles factores que no siendo de interés en el experimento o investigación puedan tener una influencia indirecta en la respuesta (factores alineados), por ejemplo, la proporción de sexos entre los usuarios, el color del traje, etc.

Recuerde también que es posible que los posibles factores alineados se correlacionen con la respuesta en cuyo caso se convierte en una covariable, y se puede controlar replicando (repeticiones en los tratamientos) o aleatorizando las unidades de experimentación u observación.

Paso 8. Definir las variables de respuesta

Como se mencionó antes: "La elección de la(s) variable(s) de respuesta es vital, puesto que refleja el resultado de las pruebas, por lo que deberían elegirse las que mejor reflejen el problema, recuerde tener certeza de que las mediciones que haga usted sean confiables (esto implica verificar los equipos de medición, la calibración y la

correcta operación de los mismos) (Gutiérrez, et al., 2012)". También llamada variable dependiente, puede tomar distintas formas, pudiendo ser categóricas, continuas, discretas, etc.

Paso 9. Definir la forma en cómo se van a obtener los datos

Esto implica estar seguro de la manera de tomar los datos, la frecuencia en que se tomarán y las unidades de medida de la o las variables de respuesta. Se debe tener seguridad que las mediciones que se hagan son fiables. Recuerde que usted debe asegurarse que los instrumentos y métodos de medición son capaces de ser repetidos y reproducir una medición.

Paso 10. Definir el número de submuestras por unidad de respuesta y número de réplicas.

En este paso conviene preguntarse: en los niveles ¿cuántas repeticiones se harán por cada tratamiento? Tome en cuenta el tiempo, costo y la precisión deseada, además si su unidad de respuesta es igual a la submuestra esto ya no es una réplica y es considerado pseudoréplica, que indica una falta de independencia en el submuestreo, por tanto afectará al supuesto de independencia en sus resultados.

Paso 11. Definir el o los métodos estadísticos a usar

Como se sugirió antes, los experimentos obtienen muestras de una población, por ende, piense usted que debe usar métodos estadísticos inferenciales con el fin de asegurar que los efectos encontrados sobre las muestras son lo suficiente como para garantizar las generalizaciones sobre la población (Gutiérrez, et al., 2012). ANOVA, por su acrónimo en inglés *Analysis of Variance*, es la técnica central utilizada en el análisis de experimentos, que más adelante revisaremos a detalle.

La interpretación de los resultados a partir de los análisis estadísticos, debe ser minuciosa y en contraste con la (s) hipótesis iniciales, lo que se busca es un nuevo aprendizaje o conocimiento del proceso, verificar supuestos y elegir el mejor tratamiento.

1.5. Aplicación práctica en la selección de variables de respuesta

En la selección de la o las variables de respuesta de su experimento usted debe tomar en cuenta las siguientes premisas de acuerdo a lo sugerido por Gutiérrez y de la Vara (2012):

- Elegir aquellas respuestas que mejor caractericen el objeto de estudio o el proceso a investigar, es decir que mejor refleje el problema.
- Tener certeza que las mediciones que se hagan y los datos que se obtengan sean confiables, es decir, de forma previa garantizar que los equipos o instrumentos de medición son efectivamente repetibles o que permitan repetir una medición con precisión (atribuida al error) y exactitud (atribuida a la calibración del instrumento)
- Recuerde usted que esos sistemas de medición son la forma de percepción de la realidad o la naturaleza de los procesos u objetos de estudio.
- Si los sistemas de medición son incorrectos las conclusiones o decisiones que se tomen sobre estos generalmente serán inadecuadas para responder al problema.

Algunas sugerencias prácticas para la selección de la variable de respuesta las detallaremos a partir de un ejemplo:

Suponga usted que se le encarga la tarea de estudiar el desempeño de los trabajadores (por ejemplo para obtener un producto) y encontrar los factores que más influyen a ese desempeño:

¿Cuál o cuáles podrían ser las variables de respuesta?

Recuerde que:

- Se debe poder medir.
- Si se puede medir se debe elegir los equipos y las unidades de medición apropiadas.
- Debe reflejar el problema, por ejemplo, si el problema fuera la temperatura, esta sería la respuesta ya que se puede medir y además afecta el resultado o respuesta.

Primeramente y siguiendo los pasos de la indagación deberíamos usted y yo ser capaces de pre suponer que la variable de respuesta es aquella a la que debemos hacer la medición; ¿qué podemos medir para obtener una respuesta? “recuerde que esto depende de las actividades encargadas al trabajador” por ejemplo, podemos medir la cantidad de productos por hora que el trabajador obtiene en su jornada diaria o la cantidad total en durante las horas de trabajo y luego distribuir ese producto, como se trata de “los trabajadores” debemos medir a todos los involucrados en el experimento. Otra variable de respuesta podría ser sobre la cantidad de productos medir la cantidad o el porcentaje de productos retornados a reproceso que presentaron algún defecto.

Pero elegir las variables de respuesta por elegir las es un problema sino se tiene conocimiento sobre el proceso, ese conocimiento práctico que es vital para poder vislumbrar que hace que el trabajador no produzca más en el mismo tiempo o que hace que a pesar de poder obtener un producto este no consiga hacerlos todos

perfectos e incurra en defectos y aún más porque existen diferencias en el rendimiento entre los trabajadores. Para resolver esto el investigador en este caso usted debe recabar información que le sirva para definir aquellos factores que afectan a ese rendimiento, en nuestro ejemplo podrían ser, la velocidad de suministro de insumos o materias primas, la posición de trabajo, la ausencia de intervalos de descanso o el número reducido de estos, otros que quizás sean más fáciles de medir pueden ser la altura de las mesas de trabajo, el tamaño de las piezas de ensamble, la ausencia de infografías de guía, etc.

Recuerde que la selección de los factores que afectan el desempeño dependerán de el objeto de estudio y su propia naturaleza o requerimientos.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante una vez analizados los contenidos en esta semana, le invito a realizar la infografía #1. Esta actividad se centra en revisar los pasos para el planteamiento del diseño de investigación.

[Infografia 1 : Introduccion al diseño experimental](#)



Semana 5

1.6. Tipos y selección de diseños experimentales

Considere usted en este apartado que existen muchos tipos de problemas o cuasísticas que aparecen en la práctica (como en el ejemplo anterior acerca del rendimiento de los trabajadores), y por esa razón existen también muchos tipos de diseños experimentales, en este apartado podrá revisar algunas generalidades acerca de esos tipos de diseños.

Recuerde que la selección del diseño más apropiado para el experimento o investigación que posteriormente tenga puede depender de los siguientes aspectos:

- El objetivo.
- Los factores a estudiar.
- Los niveles que se ha decidido probar en cada factor.
- Los efectos, es decir la relación factor-respuesta.
- Los recursos, es decir costos, tiempo y precisión requerida o deseada.

En la siguiente tabla se agregan los tipos de diseños de acuerdo a su aplicación:

Tabla 2. Tipos de diseño experimental en función de su aplicación, note que se separan grupos debido a la cantidad de factores que aparecen par comparar (adaptado de Gutiérrez, et al., 2012).

Aplicación	Tipo de diseño
Para comparar dos o más tratamientos	Diseño completamente al azar
	Diseño en bloques completos al azar
	Diseños en cuadro latino y grecolatino
Para estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta	Diseños factoriales, de distinto alcance: 2^k , 3^k
	Diseños factoriales fraccionados 2^{k-p}
	Diseños anidados
	Diseños en parcelas divididas

Aplicación	Tipo de diseño
Para la optimización de procesos en modelos de primer orden	Factoriales 2^k y 2^{k-p}
	Diseño de Plakett-Burman
	Diseño simplex
Para la optimización de procesos en modelos de segundo orden	Diseño de composición central
	Diseño de Box-Behnken
	Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p}

De los tipos de diseño de investigación más utilizados discutiremos en las unidades 3, 4 y 5.



Autoevaluación 1

Elija la respuesta correcta, tomando en cuenta la Unidad 1

1. ¿Qué es un experimento?
 - a. Manipulación de variables controlables que conlleva a estimar la probabilidad de que el error sea mínimo.
 - b. Manipulación de las condiciones ambientales sobre un sistema o proceso de tal manera que se explique la variación o efecto buscado por el investigador.
 - c. Alteración de las condiciones de un sistema o proceso con el objetivo de medir el efecto de ese cambio sobre el sistema o proceso.
 - d. Alteración de una o más variables con el objetivo de encontrar la causa previamente localizada sobre el sistema o proceso.
2. ¿Qué tipo de variable es aquella que sirve para conocer el efecto o los resultados de cada prueba experimental?
 - a. Variable de respuesta.
 - b. Variable experimental.
 - c. Variable independiente.
 - d. Variable aleatoria.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

3. ¿Cómo se llaman aquellas variables que en un proceso se pueden fijar en un determinado nivel?
 - a. Ruido.
 - b. Factor no controlable.
 - c. Error experimental.
 - d. Factor controlable.
4. En un proceso de elaboración de botellas pet, se desea conocer si la temperatura de creación influye sobre la calidad de la botella ¿cuál de los siguientes sería el factor controlable?
 - a. Resistencia de la botella.
 - b. Temperatura de creación.
 - c. Calidad del pet.
 - d. Número de botellas por minuto.
5. ¿Qué tipo de factor es la fecha de cumpleaños de un operador de control de calidad en el ensamblaje de autos?
 - a. No controlable.
 - b. Controlable.
 - c. Aleatorio.
 - d. De respuesta.

[Índice](#)[Primer
bimestre](#)[Segundo
bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias
bibliográficas](#)

6. ¿Qué tipo de factor es la cantidad de colorante agregado a algodón para obtener fibras de color negro?
- a. No controlable.
 - b. Aleatorio.
 - c. Ruido.
 - d. Controlable.
7. ¿Qué constituye la variable observada que no se puede explicar por los factores estudiados y que resulta del pequeño efecto de los factores no estudiados y el error del experimento?
- a. Error experimental.
 - b. Incertidumbre.
 - c. Error aleatorio.
 - d. Euido.
8. ¿Cómo se llaman los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño de experimento?
- a. Niveles.
 - b. Tratamientos.
 - c. Datos.
 - d. Medición.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

9. Si en un experimento se estudia la influencia de la cantidad de un reactivo y el tiempo de reacción de este reactivo ¿cómo se conoce la combinación de los valores obtenidos?
- a. Variable.
 - b. Tratamiento.
 - c. Nivel.
 - d. Datos.
10. ¿Qué implica la repetición en un diseño experimental?
- a. Incluir homegeneidad.
 - b. Incluir indepenencia en las muestras.
 - c. Distinguir la variabilidad del error aleatorio.
 - d. Nulificar de forma apropiada los factores de estudio.

[Ir al solucionario](#)

[Índice](#)

[Primer
bimestre](#)

[Segundo
bimestre](#)

[Solucionario](#)

[Referencias
bibliográficas](#)

Resultado de aprendizaje 2

Usa herramientas informáticas para el análisis de datos.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 6



Unidad 2. Elementos de inferencia estadística.

2.1. Experimentos comparativos simples

Son aquellos que se caracterizan por tener solo un factor de estudio con dos niveles o tratamientos, es decir, la respuesta depende de un único factor o solo ese estudiaremos.

El objetivo de estos experimentos es determinar si existe alguna diferencia entre las medias o las varianzas de los dos niveles o tratamientos.

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

En este momento es cuando empezaremos a adentrarnos en el análisis estadístico, por lo cual, revisaremos algunos conceptos estadísticos básicos.

Población: También llamada *Universo*, está representada por una colección o el total de los individuos, objetos observación o medición que son de interés en algún estudio con miras de responder preguntas acerca de las características de esa misma población. Se puede clasificar a las poblaciones como finitas e infinitas. Una **población finita** es la que tiene un número pequeño de elementos, es necesario que al estudiar este tipo de poblaciones se considere su tamaño. Una **población infinita** es la que tiene un número grande de elementos, tanto que al estudiar este tipo de poblaciones es necesario recurrir a *muestras*, que en la practica son pequeñas unidades representativas de dicha población.

Muestra: Es la parte de la población o universo que ha sido seleccionada apropiadamente de tal manera que conserva características importantes o claves de la misma población de la cuál es extraída para fines de experimentación o análisis. Toda muestra debe ser representativa de la población de la cual proviene, conseguir esto podría ser una tarea compleja, ya que como se menciona usted debe asegurarse de que su muestra tenga las características clave de la población, esto se logra con muestreo que siempre debe ser al azar con el fin de evitar sesgos en la selección de la muestra.

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

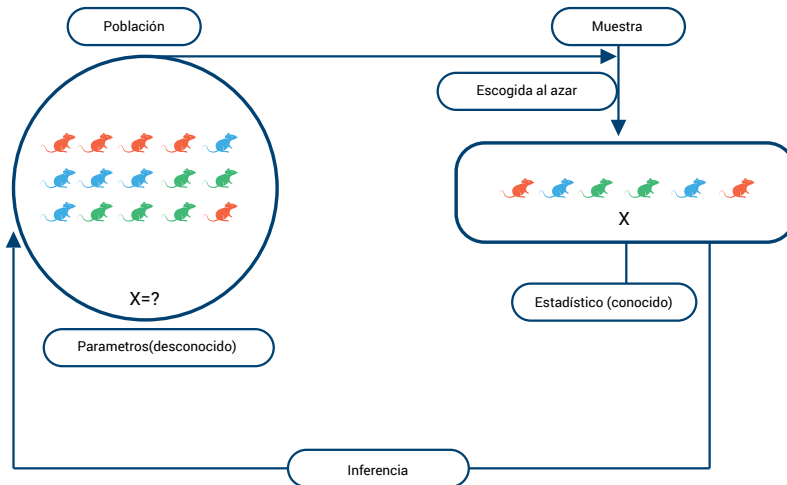


Figura 3. Relación entre los conceptos de población, muestra, parámetro, estadístico e inferencia (adaptado de Gutiérrez, et al., 2012)

Inferencia estadística Permite hacer afirmaciones estadísticas acerca de la población basados en la información contenida, observada y analizada a partir de una muestra. Esto implica extraer juicios o conclusiones a partir de supuestos.

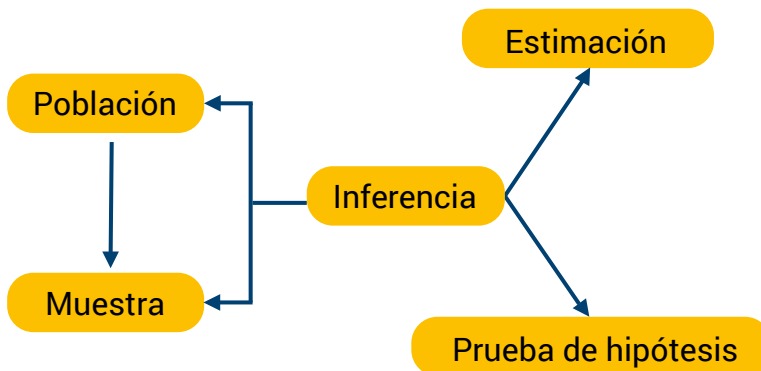


Figura 4. Diagrama que describe las posibles transiciones del concepto de inferencia estadística del que hemos hablado antes y la convergencia hacia la estimación de distinto tipo y las pruebas de hipótesis.

Parámetro: Es una característica de una población que se representa con un valor numérico que describe a un conjunto de elementos o individuos de dicha población. Por ejemplo: Son parámetros, la media muestral (\bar{x}); la proporción (p); desviación estándar (σ), entre otros.

Estadístico: Es cualquier función de los datos resultantes de la muestra que no contiene parámetros desconocidos, es una cantidad obtenida a partir de dicha muestra y que sirve para inferir en los parámetros de la población a la cual pertenece la muestra.

Distribución de probabilidad: Relaciona el conjunto de valores posibles de una variable aleatoria X (rango de X) con la probabilidad asociada a cada uno de los valores de X . [...] hace que lo aleatorio no sea un capricho, y modela (describe, acota) los posibles valores de un estadístico muestral, con lo que al observar una realización específica de un estadístico se pueden corroborar o rechazar supuestos (prueba de hipótesis) o bien hacer estimaciones de la población. [...] (Tomado de: Gutiérrez y de la Vara, 2012), es decir, que lo que se espera es saber qué valores se espera que tome X , de acuerdo a los supuestos de distribución.

Las distribuciones más utilizadas son: *Normal*, *T* de student, *Ji-cuadrada* y *F*

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

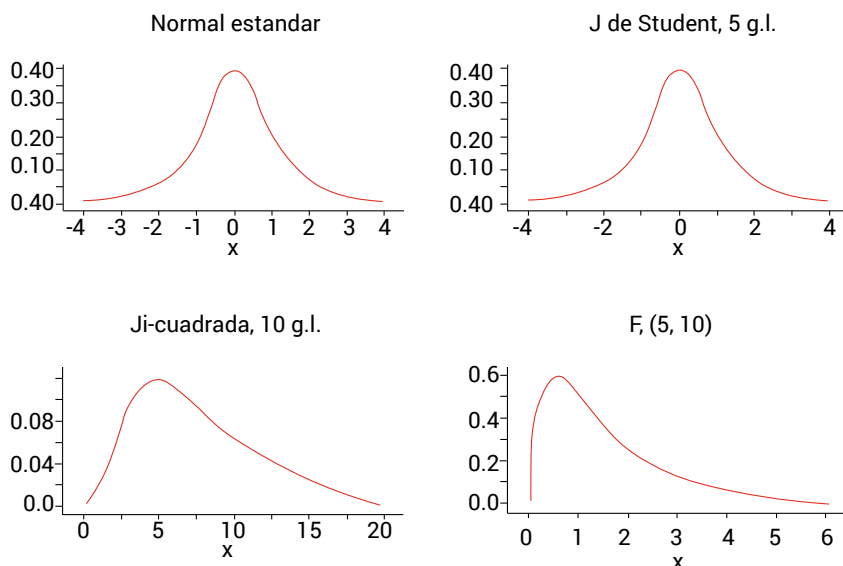


Figura 5. Gráficas de las distribuciones de mayor uso en grados de libertad y pruebas de hipótesis (adaptado de Gutiérrez, et al., 2012)

Estimación puntual: Sirve para estimar los parámetros de la distribución de probabilidad de una variable en base de los datos de la muestra. Genera un valor numérico simple, utilizado para estimar el valor de un parámetro desconocido. Los tres parámetros que más se usan son: media (μ), varianza (σ^2) o desviación estándar (σ) y proporción de elementos que tienen cierta característica (p). Y los estadísticos (estimadores puntuales) más recomendados para esos tres parámetros son:

$$\text{Media muestral } \hat{\mu} = \bar{X}$$

$$\text{Varianza muestral } \hat{\sigma}^2 = S^2$$

$$\text{Proporción muestral } \hat{p} = \frac{x}{n} \text{ (x es el número de elementos en la muestra de tamaño } n \text{ que tienen la característica) }^2$$

2.2. Conceptos básicos de pruebas de hipótesis

Como usted habrá comprendido hasta ahora, el objetivo del diseño experimental es responder de forma segura a las preguntas de investigación planteadas para que luego usted emita sugerencias, tome decisiones o comunique a los tomadores de decisiones sobre el problema u objeto de estudio a partir del planteamiento de las hipótesis que se querían comprobar. Por ejemplo:

Los trabajadores en una fábrica tienen el mismo rendimiento.

Todos los trajes en promedio tienen los mismos resultados de efectividad.

¿Qué es una hipótesis de investigación?

Por definición son, declaraciones, afirmaciones o suposiciones que hace usted y cualquier investigador respecto del problema planteado. Estas declaraciones indican de qué está tratando de probar algo, es decir, son declaraciones teóricas, supuestas, no verificados, pero probables, referentes a las variables escogidas para responder al problema.

Las hipótesis cumplen con las funciones de: direccionar el problema que se investiga, identificar variables que serán objeto de análisis y orientar el uso de métodos y técnicas para obtener información.

Las hipótesis pueden ser de varios tipos; de investigación, nula, alternativa y estadísticas

Recuerde que usted necesitara contrastar variables dependientes e independientes (para recordar revise la unidad 1)

La hipótesis debe tener poder explicativo; por ejemplo:

¿Qué relación hay entre la motivación propia de los trabajadores y el nivel de ausencia en la jornada laboral en los trabajadores que usarán los trajes de protección?

Hipótesis: A mayor motivación propia, hay menor nivel de ausencias en la jornada laboral en los trabajadores.

Específicamente una **hipótesis estadística** es una declaración afirmativa sobre los parámetros de una población o un proceso, que se prueba con la información contenida en una muestra representativa de dicha población. Por ejemplo, la motivación produce menos del 1% de ausencias, se plantea de la siguiente manera:

$H_0 : p = 0.01$ (esta sería la hipótesis nula)

$H_A : p \neq 0.01$ (esta sería la hipótesis alterna o alternativa bilateral)

$H_A : p < 0.01$ (esta sería la hipótesis alterna o alternativa unilateral)

Las hipótesis alternativas bilaterales implican que la evidencia que sirva para rechazar la H_0 se obtendrá tanto si para p los valores son superior o inferiores a 0.01. y en la unilaterales solo quedaría la opción que se registre en el enunciado, en nuestro caso solo valores de p inferiores a 0.01. En todo caso la H_0 es verdadera mientras no se demuestre su falsedad, para ello es necesario hacer pruebas.

Estadístico de prueba: Se trata de una fórmula con la cual a partir de los datos y la hipótesis nula se calcula un valor de cierta magnitud que nos sirve para decidir si se acepta o se rechaza la H_0 . Al resultado del estadístico de prueba que conduce a rechazar la H_0 se le llama **región de rechazo** para la prueba, y los resultados donde no se rechaza la H_0 se lo llama **región de aceptación**.

Errores: Como estamos incurriendo en decisiones probabilísticas al probar una hipótesis estadística, existe el riesgo de cometer un

error, que pueden ser: **Error tipo I** ($\alpha=P$) = probabilidad de rechazar H_0 siendo esta verdadera y **error de tipo II** ($\beta=P$) probabilidad de aceptar H_0 siendo esta falsa.

$1 - \beta$ se lo conoce como *potencia de prueba*, y a se la conoce como *significancia dada de la prueba*, su valor es especificado previamente por el investigador y puede tomar dos valores generalmente; $\alpha = 0.01$ o $\alpha = 0.5$ de acuerdo al riesgo que se pretenda admitir en la conclusión.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante elabore un cuadro sinóptico de los elementos de inferencia estadística revisados hasta este punto, esto le ayudará a prepararse para superar sin dificultades la evaluación que en pocos días deberá rendir.

Resultado de aprendizaje 3 | Comprende que es un ANOVA

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 7



Unidad 3. Experimentos con un solo factor.

Para este momento usted empezará a usar los diseños como una herramienta de investigación. Los experimentos con un solo factor son aquellos diseños experimentales que usted podrá utilizar cuando el objetivo es comparar más de dos tratamientos, es decir, las declaraciones de partida, tienen que ver con comparaciones, por ejemplo, comparar cuatro tipos de dietas para perros, comparando si alguna dieta de las propuestas es mejor o igual que las que hayan en el mercado.

La hipótesis estadística sería:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j$$

Observación: Para este momento estoy seguro que usted tiene las habilidades para entender estos planteamientos; por favor compártalo en el chat de tutorías y consultas.

3.1. Análisis de varianza de un factor – ANOVA

Ahora abordaremos el Análisis de Variancia – ANOVA, denominado así por su acrónimo en inglés - Analasys of variance -. Aunque quizás usted ya ha oído de este análisis le recuerdo que el ANOVA tiene el objetivo comparar los distintos niveles de los factores para

establecer diferencias significativas en la variable respuesta. Se basa en la descomposición de la variación total de los datos respecto de la media de todos los datos (dentro de las muestras y entre las muestras), partiendo del supuesto de que H_0 (las medias de los grupos son iguales; $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$) es verdadera.

Los supuestos del ANOVA son:

- La variable de respuesta es continua.
- La variable independiente está formada por tres o más grupos categóricos e independientes.
- La variable dependiente tiene una distribución normal -supuesto de normalidad.
- Las muestras son independientes -supuesto de independencia.
- Los grupos tienen igual varianza -supuesto de homogeneidad.

Antes de correr un ANOVA es necesario tomar algunas decisiones:

Elegir el nivel alfa: α (significancia del 5%)

Se rechaza H_0 : El p-valor < α

Es decir, hay al menos dos medias grupales que son diferentes entre sí.

Se acepta H_0 : El p-valor > α

Es decir, no existen diferencias significativas entre los grupos evaluados.

Nota: recordar que la prueba ANOVA no nos dice nada acerca de qué grupos específicos son diferentes.

Cuando usar ANOVA

Cuando se tiene un grupo de individuos, objetos o estados distribuidos aleatoriamente en grupos más pequeños **bajo distinto tratamiento**.

Ejemplo, usted podría estar estudiando los efectos del té en la pérdida de peso y formar tres grupos: el té verde, té negro, y sin té (Enlace: <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-el-anova-de-una-via/>)

Cuando se tiene un grupo de individuos, objetos o estados distribuidos aleatoriamente, pero los individuos se dividen en grupos **basados en un atributo que poseen**.

Ejemplo, usted podría estar estudiando la fuerza de las piernas de las personas de acuerdo al peso. Podría dividir a los participantes en categorías de peso (obesidad, sobrepeso y normal) y medir la fuerza de sus piernas en una máquina de peso (Enlace: <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-el-anova-de-una-via/>)

En el ANOVA de un factor, también llamado unifactorial o one way (en inglés), se intenta probar con una sola variable independiente, si las medias entre dos o más grupos son diferentes o iguales.

Por ejemplo: se quiere comparar el número de trabajadores con enfermedades coronarias entre grupos o clases sociales (alta, media y baja). Con el ANOVA se quiere comparar si el número de enfermos (enfermedad coronaria) está relacionado con la clase social (alta, media y baja).

3.2. Diseño completamente al azar.

El diseño completamente al azar (DCA). Se utilizan para comparar dos o más tratamientos, donde todas las corridas experimentales se hacen al azar o en orden aleatorio completo. Por ejemplo, en un estudio con un número finito de pruebas (N) todas las pruebas se

corren al azar, así los posibles efectos se reparten equitativamente entre los tratamientos.

Tratamientos				Tk
T_1	T_2	T_3	...	T_k
Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	...	Y_{k1}
Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	...	Y_{k2}
Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	...	Y_{k3}
Y_{1n1}	Y_{1n1}	Y_{1n1}	...	Y_{kn1}

Tabla 3. Disposición de los tratamientos en un diseño completamente al azar (adaptado de Gutiérrez, et al., 2012)

Arreglo de los DCA

Estos arreglos los podrá visualizar mejor si revisamos un ejemplo de Gutiérrez y de la Vara (2012), en el que se comparan cuatro métodos de ensamble (A, B, C y D) sobre el tiempo de ensamble (en minutos). Se aplica cuatro veces cuatro métodos de ensamble en orden completamente al azar, dando como respuesta 16 pruebas en orden aleatorio (Suponemos que no existe otro factor que influye sobre la variable de respuesta), los tiempos de respuesta se muestran a continuación:

Método de ensamble			
A	B	C	D
6	7	11	10
8	9	16	12
7	10	11	11
8	8	13	9

Tabla 4. Arreglo DCA muestra los 16 tiempos de respuesta resultado de los cuatro métodos de ensamble (tratamientos) en cuatro réplicas (4*4) (adaptado de Gutiérrez, et al., 2012).

Dos fuentes de variabilidad: Tratamientos y Error aleatorio



Actividades de aprendizaje recomendadas

Además de resolver la autoevaluación 2, le sugiero haga un mapa conceptual de todos los temas revisados hasta el momento y tenerlo a mano para prepararse para la evaluación presencial del primer bimestre.



Autoevaluación 2

Elija la respuesta correcta, tomando en cuenta las Unidades 2 y 3:

1. ¿Qué es inferencia estadística?
 - a. Afirmaciones estadísticas acerca de la población basada en la información colectada y analizada de la misma población.
 - b. Afirmaciones estadísticas acerca de la población basada en la información contenida de la muestra.
 - c. Afirmaciones estadísticas acerca de la muestra.
 - d. La que posee o incluye un numero grande de elementos y que se analizan en forma de hipótesis..

2. ¿Cómo se denomina aquella cantidad que se obtiene a partir de los datos de una muestra y que ayuda a resumir las características de la misma muestra?
 - a. Población.
 - b. Probabilidad.
 - c. Distribución.
 - d. Estadístico.

3. ¿Qué define una parte de una población, seleccionada apropiadamente y que conserva los aspectos clave de la población?
 - a. Muestra.
 - b. Factor.
 - c. Parámetro.
 - d. Estadístico.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

4. ¿Qué es un estimador puntual?
 - a. Estadístico que estima un valor específico de un parámetro.
 - b. Valores entre los que se estima está el valor de un parámetro poblacional.
 - c. Característica que mediante su valor numérico describe a un conjunto de elementos.
 - d. Una parte de la población seleccionada porque conserva características claves.
5. Qué define: “declaración realizada por un investigador cuando este especula acerca de un resultado final de una investigación o experimento”?
 - a. Hipótesis estadística.
 - b. Pregunta de investigación.
 - c. Tipo de diseño experimental.
 - d. Hipótesis de investigación.
6. ¿Cómo se denomina aquella fórmula con la que a partir de los datos de una hipótesis nula se calcula un número cuya magnitud permite discernir si se rechaza o no dicha hipótesis?
 - a. Estadístico de inferencia.
 - b. Estadístico de prueba.
 - c. Intervalo de confianza.
 - d. Grados de libertad.
7. ¿Cuál de los siguientes es un experimento con un solo factor?
 - a. Diseño multifactorial.
 - b. Diseño en cuadro latino.
 - c. Diseño grecolatino.
 - d. Diseño completamente al azar.

8. ¿A qué hace referencia el análisis que separa la variación total en las partes con las que influye cada fuente de variación en un experimento?
- a. Notación de puntos.
 - b. Análisis de varianza.
 - c. Pruebas de rango múltiples.
 - d. Diferencia mínima significativa.
9. ¿Cuál es la hipótesis en un análisis de varianza (ANOVA) en un diseño completamente al azar?
- a. Igualdad de los tratamientos respecto de la media de la respectiva variable de respuesta.
 - b. Diferencias de los tratamientos respecto de la media de la respectiva variable de respuesta.
 - c. No hay diferencias entre el tratamiento de control y los tratamientos usados respecto de las medias de cada tratamiento.
 - d. Hay diferencias entre el tratamiento de control y los tratamientos usados respecto de las medias de cada tratamiento.
10. De acuerdo al arreglo de los diseños completamente al azar; si lo que se quiere es comparar las cuatro diferentes dietas en la reducción de enfermedades coronarias y se hacen ocho repeticiones ¿cuántas observaciones de respuesta al azar se tendrían?
- a. 24.
 - b. 62.
 - c. 32.
 - d. 16.

[Ir al solucionario](#)

[Índice](#)

[Primer
bimestre](#)

[Segundo
bimestre](#)

[Solucionario](#)

[Referencias
bibliográficas](#)



Actividades finales del bimestre

Resultado de aprendizaje 1

Comprende cuando usar cada diseño experimental.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 8

Apreciado estudiante, hemos llegado al final del primer bimestre, dedique esta semana a recordar y reforzar los temas revisados hasta ahora. Para ello usted deberá analizar las unidades 1 a la 3, donde debe concentrarse en repasar los contenidos respecto de:

Unidad1: Introducción al diseño experimental, tome en cuenta que en esta unidad hemos revisado conceptos o definiciones básicas, etapas del diseño experimental, uso de métodos estadísticos, pasos para el planteamiento de diseños de investigación, selección de variables, así como tipos y selección de diseños. Recuerde que esta parte debe en la mayoría interiorizarla o tenerla presente para que no tenga problemas para seleccionar variables y tipos de diseños.

Unidad 2: Inferencia estadística, aunque aquí también hemos revisado varios conceptos las prácticas ya le han guiado a hacer análisis, hacer comparaciones y pruebas para experimentos

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

simples y con un solo factor y saber los principios de las pruebas de hipótesis, espero la formulación de las hipótesis ya no sea un problema para usted.

Unidad 3: Experimentos de un solo factor y ANOVA, los diseños completos al azar y el análisis de la varianza ya no serán un problema, recuerde tomar en cuenta que hasta este momento solo se aborda este tipo de análisis para diseños con un solo factor donde las fuentes de variabilidad son dos y los ANOVA serán de una vía o unilaterales.

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)



Segundo bimestre

Resultado de aprendizaje 4

Elige y aplica las pruebas de comparaciones múltiples.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje

Estimado estudiante, a partir de este momento daremos inicio al estudio de los contenidos correspondientes al segundo bimestre, para lo cual le recomiendo continuar con una alta motivación, interés y ánimo con la finalidad de alcanzar sus objetivos propuestos: adquirir conocimientos y aprobar esta asignatura con éxito.



Semana 9

3.3. Pruebas o comparaciones de rango múltiple.

Una vez que se rechaza la hipótesis nula luego de correr el anova en experimentos con un solo factor, por ejemplo, en un DCA, hay que hilar un poco más fino, con el fin de poder visualizar cuál o cuáles tratamientos son diferentes. En las pruebas de rango múltiple podemos encontrar tres alternativas.

Comparaciones pareadas de las medias de los tratamientos, usted seguramente las encontrará en otras fuentes como pruebas de

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

igualdad entre todos los posibles pares de medias, para esto se han propuesto varios métodos, de los que revisaremos los más utilizados a continuación:

Método de diferencia mínima significativa, también llamado, método LSD (least significant difference), se parte de la hipótesis:

$$H_0 = \mu_i = \mu_j ; H_A = \mu_i \neq \mu_j$$

Para toda $i \neq j$ y k tratamientos se tienen en total $k(k-1)/2$ pares de medias

Por ejemplo; si $k=8$ se tendría $8(8-1)/2=28$ pares de medias a comparar, y el estadístico de prueba para las hipótesis planteadas es la correspondiente diferencia entre sus medias muestrales: $|\bar{Y}_{i\cdot} - \bar{Y}_{j\cdot}|$

En cuyo caso, si hay diferencias entre las medias muestrales, se rechaza

$$H_0 = \mu_i = \mu_j$$

Método de Tukey, consiste en comparar las medias muestrales con un valor crítico dado por:

$$T_\alpha = q_\alpha(k, N - k) \sqrt{CM_E / n_i}$$

Donde:

CM_E es el cuadrado medio del error

n_i es el número de observaciones por tratamiento

k , es el número de tratamientos

$N-k$, son los grados de libertad para el error

α , es el nivel de significancia (elegido con anticipación)

$q_{\alpha}(k, N-k)$, son porcentuales de la distribución (obtenidos de la tabla T de Student)

Al final se declara diferencias significativas a los pares cuyo valor sea mayor a T_{α}

Nota: A diferencia del método LSD, Tukey trabaja con un error muy cercano al que se prefija por el investigador.

Método Duncan: en este método si las muestras son de igual tamaño, los promedios se acomodan en orden ascendente y el error estándar se estima con $S_{y_{i.}} = \sqrt{CM_E/n}$

Los resultados de esta prueba se comparan en la tabla de rangos de significancia de Duncan.

Las otras dos alternativas son:

Comparaciones de tratamientos con un control, tratamiento de control hace referencia a un tratamiento estándar de referencia con el que se comparan los otros tratamientos, también llamado blanco, porque es al que no se hará manipulación alguna; por ejemplo, si se quiere probar la eficacia de una dieta, una de las dietas será la que regularmente se ingiere, es decir, sin manipulación en la composición.

Comparaciones por contraste, contraste en este caso resulta de la combinación lineal de las medias en la población, tomando en cuenta que la suma de sus coeficientes es igual a cero.

3.4. Verificación de los supuestos del modelo

Recuerde que para todos los casos en inferencia estadística las presunciones que uno haga se basan en supuestos. Para cualquier ANOVA, la forma de validar sus resultados queda relegado a que los supuestos del modelo se cumplan (normalidad, varianza homogénea e independencia). Esto implica que, la respuesta (Y) en cada tratamiento se distribuye de manera normal, con la misma varianza en cada uno de los tratamientos y cada medición es independiente, y esto se traduce sobre el error (ϵ) en el modelo.

Lo común es analizar los residuos, que son generados por la diferencia entre la respuesta observada y la predicha (por el mismo modelo) en cada prueba experimental, se pueden ver como una muestra aleatoria de distribución normal, con media cero y varianza constante.

Los tres supuestos se pueden probar de manera gráfica y de manera analítica, en nuestro caso haremos mención a las formas más convenientes de verificación de los supuestos.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks

En este supuesto usted debe partir de la idea de verificar si un conjunto de datos ha sido generado por un proceso normal, entendiéndose como proceso normal a su distribución normal. Suponga usted que a partir de un conjunto de datos de distribución desconocida $F(x)$; con x_1, x_2, \dots, x_n se plantea las siguientes hipótesis estadísticas:

$H_0: F_x$ es normal (Los datos proceden de una distribución normal)

$H_A: F_x$ no es normal (Los datos no proceden de una distribución normal)

Lo primero que hay que hacer es ordenar los datos de menor a mayor,

Segundo, con la ayuda de una tabla de valores para la prueba se Shapiro-Wilks se obtienen los coeficientes.

Tercero, hay que calcular el estadístico W , puede usted utilizar la fórmula;

$$W = \frac{1}{(n-1)S^2} \left[\sum_{i=1}^k a_i (X_{(n-i+1)} - X_i) \right]^2$$

Si el resultado del estadístico W es un valor mayor que el crítico de seleccionado en la tabla, se rechaza la normalidad. Recuerde que estos cálculos los puede realizar utilizando el lenguaje R con la función `norm.test`.

Varianza homogénea

Tome en cuenta que este supuesto debería cumplirse si todos los tratamientos tienen la misma varianza. Este supuesto es fácil de observar en los análisis gráficos de los valores predichos versus los residuos, se grafica en el eje horizontal los residuos. Si la gráfica de un conjunto de puntos se muestra de manera aleatoria describiendo una franja horizontal, es decir sin ningún patrón claro, podemos decir que se cumple el supuesto de varianza constante, pero si aparece un patrón claro como un embudo entonces es probable que el supuesto no se cumple.

Se pueden usar otros gráficos para estar seguros de las decisiones tomadas, pero en general hay que intentar ver en qué forma están afectadas las conclusiones, por ejemplo, si usted observa que el mejor tratamiento tiene la menor dispersión no habría razón para cambiar la decisión de que ese tratamiento es el correcto, y pensar

si es de interés investigar las otras diferencias de varianza. Por el contrario si el tratamiento con la varianza más grande (mayor dispersión) no debería usted mantenerlo como el mejor, en cuyo caso hay que replantear no solo la decisión sino también el análisis. Si esto ocurre puede ser que usted necesite hacer **Transformaciones** para estabilizar la varianza, estas transformaciones se hacen a los datos de tal forma que se disminuyan las diferencias. Las transformaciones más comunes son; logaritmo y raíz cuadrada, esto implica sacar el logaritmo o la raíz cuadrada a sus datos y luego volver a hacer los análisis, afortunadamente usted puede hacer esto de forma automática utilizando el lenguaje R o cualquier otro software estadístico e inclusive utilizando Excel de Microsoft Office o similares. La forma analítica para hacer la prueba de varianza constante más conocida en la **prueba de Barlett**.

Independencia

De igual manera este supuesto puede verificarse de manera gráfica, comparando el orden del dato contra el residuo que le corresponde, en el eje horizontal el orden de corrida (variable) y en el eje vertical los residuos. Si al graficar se detecta claramente un patrón no aleatorio, es evidencia de que los errores están correlacionados (recuerda que esto lo llamamos antes pseudoréplica e implica ausencia de independencia) y no se cumple el supuesto de independencia. En cambio, si el comportamiento de los puntos es aleatorio si se cumple el supuesto.

Si no se cumple este supuesto usted debe suponer que existe deficiencia en la planeación y ejecución del experimento, no se aleatorizó correctamente o que aparecieron factores (no controlados) que afectaron la respuesta. También puede usted utilizar la prueba de Durbin-Watson como parte de la verificación analítica con la limitación que esta no logra detectar otros patrones de correlación entre los residuos que son descriptores de que no se cumple el proceso, en cuyo caso es restrictiva.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Resuelva la Infografía #2. esta actividad se centra en revisar algunos conceptos abordados en la unidad 3.

[Infografía 2: Pruebas o comparaciones de rango múltiple](#)

Resultado de aprendizaje 5

Aplica los diseños experimentales e interpreta sus resultados.



Semana 10



Unidad 4. Diseño en bloques.

Este tipo de diseños son considerados los más completos, se utilizan si se quiere comparar tratamientos seleccionados o estudiar el efecto de un factor seleccionado. Para empezara a estudiar los diseños de bloque, revisemos el concepto de factor de bloque que utilizaremos más adelante.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

Factor de bloque: son variables adicionales al factor de interés que se agregan no para analizar su propio efecto sino para mejorar la percepción del factor de interés. Por ejemplo, en un intento por conocer de entre tres tipos de máquinas de galletas ¿cuál es la que tiene un mayor rendimiento? Se pueden incluir varios operarios (factor de bloque) para las tres máquinas, no porque quisiéramos ver cómo influye su trabajo sino solo como un medio para medir las máquinas de galletas.

4.1. Diseño en bloques aleatorizados.

Usted también los puede encontrar en. La literatura pertinente como diseños en bloques completamente al azar (DBCA), Se aplican cuando se comparan ciertos tratamientos o se quiere estudiar el efecto de un factor. [...] Es deseable que las posibles diferencias se deban principalmente al factor de interés y no a otros factores que no se consideran en el estudio (Gutiérrez et al, 2012). Se llama completo porque se prueban todos los tratamientos en cada bloque, la aleatorización se hace dentro de cada bloque, debido a esto no se puede aleatorizar el total, es evidente cuando se bloquea factores como “día” ya que el tiempo no se puede volver atrás.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij}; \begin{cases} i = 1, 2, \dots, k \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases}$$

Y_{ij} : medición que corresponde al tratamiento i y al bloque j

μ : media poblacional

τ_i : efecto del tratamiento i

γ_j : efecto del tratamiento j

ε_{ij} : error aleatorio

Hipótesis: la respuesta media poblacional es la misma para los k tratamientos

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j$$

ANOVA: a partir de la H_0 planteada se corre un ANOVA con dos criterios de clasificación ya que existen dos fuentes de variación y el error aleatorio, este análisis lo puede realizar usando el lenguaje R o cualquier software de estadística. Si desea hacerlo manualmente le recomiendo revisar el capítulo correspondiente a Diseños de bloque completamente al azar del texto: Análisis y Diseño de Experimentos (Gutiérrez et al., 2012)

Fuentes de variación:

Factor de tratamiento

Factor de bloque

Error aleatorio

4.2. Diseño en bloques incompletos balanceados

Se caracterizan porque en este tipo de diseños no se prueban todos los tratamientos en cada bloque. Se implementan por dos razones:

Lograr mayor precisión en un experimento; cuando al probar todos los tratamientos en un bloque, esto causa inhomogeneidad en dicho bloque, aumentando la variabilidad y por tanto, afecta la comparación de los tratamientos

Cuando hay una restricción física; puede ser que en un bloque no quepan todos los tratamientos.

El DBIB cumple con tres condiciones, Considerando trataminetos y bloques, en cada bloque se prueban $t < k$

1. Cada tratamiento debe ocurrir una vez en cada bloque
2. Cada tratamiento debe ocurrir exactamente en un número limitado de bloques (r)
3. Cada par de tratamiento debe ocurrir juntos en exactamente un número limitado de bloques (λ)

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

μ : media general

τ_i : efecto del tratamiento i

β_j : efecto del bloque j

ε_{ij} : error aleatorio

Resuelva la Sopa de letras #2, esta actividad se centra en revisar algunos conceptos abordados en la unidad 4.

[Sopa de letras: Diseño de bloques.](#)



Semana 11

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

4.3. Diseño en bloques de cuadro latino.

Se controlan dos factores de bloque y se estudia un factor de tratamientos, los tres factores con la misma cantidad de niveles. Se llama así, porque los tratamientos se representan con letras latinas y se distribuyen de forma adecuada en un cuadro.

Los arreglos para este tipo de diseño se representan en columnas que es el factor de bloque I y renglones que es el factor de bloque II, además del error aleatorio.

La selección y aleatorización de cuadro latino se hace de la siguiente manera; Cada letra debe aparecer solo una vez en cada renglón y en cada columna. En un **cuadro latino estándar**: primer columna y primer renglón se ponen las letras latinas en orden alfabético como se demuestra a continuación:

A	B	C	D
B			
C			
D			

A	B	C	D
B	C	D	A
C	D	A	B
D	A	B	C

Figura 6. Secuencia de arreglos para un diseño en cuadro latino estándar, primero se arreglan columnas y renglones en orden alfabético y luego se completa evitando que se repitan las letras latinas

Modelo estadístico

$$Y_{ijl} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_l + \varepsilon_{ijl}$$

Y_{ijl} : observaciones del tratamiento, en el nivel del factor renglón y en el nivel del factor columna.

ε_{ijl} : error atribuible (dos factores de bloque, un factor de tratamientos y el error aleatorio)

Fuentes de variabilidad

Tratamientos

Factor de bloque I (columnas)

Factor de bloque II (renglones)

Error aleatorio

En el ANOVA se prueban los efectos del tratamiento del factor renglón y del factor columna.

4.4. Diseño en bloques grecolatino

Se controlan tres factores además del factor de tratamientos. Se llama así porque los cuatro factores se prueban igual cantidad de niveles y se usan letras latinas para los tratamientos y letras griegas para nombrar los niveles. Cada letra debe aparecer solo una vez en cada renglón y en cada columna y cada par de letras debe aparecer solo una vez en todo el cuadro

Modelo estadístico

$$Y_{ijlm} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_l + \varphi_m + \varepsilon_{ijl}$$

Y_{ijl} observación o respuesta que se encuentra en el tratamiento i (i -ésima letra latina), en el renglón j , en la columna l en la m -ésima letra griega;

τ_i es el efecto del tratamiento i

γ_j es el efecto del renglón j

δ_l representa el efecto de la columna l

φ_m representa el efecto de la m -ésima letra griega (niveles del tercer factor de bloque)

ϵ_{ijlm} error aleatorio atribuible a la medición Y_{ijlm}

No confundir las letras griegas del modelo (efectos) con las del diseño (niveles del tercer factor de bloque).

En el ANOVA se prueban las hipótesis de igualdad de letras latinas (tratamientos), de renglones, de columnas y de letras griegas.

El arreglo para este tipo de diseño se podría ilustrar de la siguiente manera:

		Columnas			
		1	2	3	4
Renglones	1	A α	B β	C γ	D δ
	2	B δ	A γ	D β	C α
	3	C β	D α	A δ	B γ
	4	D γ	C δ	B α	A β

Tabla 5. Muestra el arreglo de columnas y renglones, letras latinas para los tratamientos y letras griegas para los niveles.



Actividades de aprendizaje recomendadas

En este momento es aconsejable que usted haga un mapa mental de los conceptos y tipos de diseños en bloque revisados hasta este momento. Puede usted empezar a separar los conceptos relacionados inclusive si debe retomarlos del primer bimestre, por ejemplo, ¿qué es un factor? ¿qué es una variable? ¿qué es la variable de respuesta? Esto debido que es indispensable que en este momento usted ya pueda reconocer tanto las fuentes de variabilidad contenidas en los datos como poder organizar de manera apropiada un diseño experimental; para ello también es recomendable que a este mapa mental usted agregue una conexión de ejemplos intentando asociar a los conceptos implicados.

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)



Autoevaluación 3

Elija la respuesta correcta, tomando en cuenta las unidades 3 y 4:

1. ¿Cuál de los siguientes es un experimento con un solo factor?
 - a. Diseño multifactorial.
 - b. Diseño completamente al azar.
 - c. Diseño en cuadro latino.
 - d. Diseño grecolatino.

2. ¿Con qué prueba se verifica el supuesto de normalidad en un ANOVA?
 - a. Método de Tukey.
 - b. Prueba de Durbin-Watson.
 - c. Prueba de Shapiro-Wilks.
 - d. Prueba de Barlett.

3. ¿A qué hace referencia el análisis que separa la variación total en las partes con las que influye cada fuente de variación en un experimento?
 - a. Análisis de varianza.
 - b. Notación de puntos.
 - c. Pruebas de rango múltiples.
 - d. Diferencia mínima significativa.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

4. ¿Con qué prueba se puede verificar el supuesto de Independencia en un ANOVA?
 - a. Método de Tukey.
 - b. Prueba de Durbin-Watson.
 - c. Prueba de Shapiro-Wilks.
 - d. Prueba de Barlett

5. ¿Cuál es la hipótesis en un análisis de varianza (ANOVA) en un diseño completamente al azar?
 - a. Diferencias de los tratamientos respecto de la media de la respectiva variable de respuesta.
 - b. No hay diferencias entre el tratamiento de control y los tratamientos usados respecto de las medias de cada tratamiento.
 - c. Hay diferencias entre el tratamiento de control y los tratamientos usados respecto de las medias de cada tratamiento.
 - d. Igualdad de los tratamientos respecto de la media de la respectiva variable de respuesta.

6. ¿Cuál de los siguientes métodos se debe utilizar para hacer comparaciones o pruebas de rango múltiples?
 - a. ANOVA.
 - b. Diferencia mínima significativa (LSD).
 - c. P-value.
 - d. Medidas de tendencia central.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

7. Dentro de un diseño de bloque ¿cómo se conoce a las variables adicionales al factor de interés que se incorporan de manera explícita en un experimento comparativo?
- Factor de bloque.
 - Fuente de variabilidad.
 - Efecto de diseño.
 - Efecto de factor.
8. ¿Cuáles son las fuentes de variación en un DBCA?
- Factor de tratamiento, factor de bloque y varianza.
 - Varianza, error estándar y factor de bloque.
 - Grados de libertad, varianza y factor de tratamiento.
 - Factor de tratamiento, factor de bloque y error aleatorio.
9. ¿Qué características tiene un diseño de cuadrado latino?
- Se controlan dos factores de bloque uno de tratamientos con la misma cantidad de niveles.
 - Se controlan dos factores de bloque uno de tratamientos con la distinta cantidad de niveles.
 - Se controlan un factor de bloque y uno de tratamientos con la misma cantidad de niveles.
 - Se controlan dos factores de bloque con la misma cantidad de niveles.
10. ¿Qué diferencia el diseño de cuadro latino del cuadro grecolatino?
- El número de factores.
 - El factor de bloque.
 - Los niveles.
 - Las fuentes de variabilidad.

[Ir al solucionario](#)



Semana 12



Unidad 5. Diseños Factoriales.

5.1. Conceptos básicos.

Diseño factorial - DF: arreglo experimental que se usan para estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, teniendo el mismo interés sobre todos los factores. Por ejemplo: Determinar una combinación de niveles de los factores que denotan un mejor desempeño de un proceso.

Para estudiar la manera en que influye cada factor se necesita elegir por lo menos dos niveles de prueba para cada factor. La matriz de diseño se forma con el conjunto de tratamientos que se puedan formar con todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores

Factor cualitativo: los niveles toman valores discretos o nominales (maquinas, lotes, marcas, presencia ausencia; 1,0; si o no.

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)

Factor cuantitativo: los niveles toman valores continuos (cualquier valor dentro de un determinado intervalo) los más comunes son; temperatura, velocidad, distancia, presión.

Arreglo factorial: es cualquier conjunto de tratamientos o puntos experimentales que se puedan formar al considerar todas las posibilidades de combinación de los niveles de los factores.

Efecto de un factor: Es el cambio que se observa en la variable de respuesta a causa de un cambio de nivel en el factor al que se observa el efecto.

Efecto principal: son los cambios en la media de la variable de respuesta dada por el efecto individual de cada factor estudiado, se puede obtener de la diferencia entre los promedios de las respuestas observadas en el nivel alto menos el nivel bajo.

Efecto de interacción: se da cuando en la variable de respuesta el efecto de un factor depende del nivel en el que está otro, por ejemplo, el factor A y el factor B interactúan si el efecto de A es bastante diferente en cada nivel en el que se encuentra B.

5.2. Ventajas de los diseños factoriales

Sirven para medir la influencia individual de los k factores escogidos y la interacción que hay entre ellos.

Explora una zona escogida del dominio experimental y encuentra una dirección óptima

Forma económica de estudiar el efecto combinado de k factores.

Útil en la etapa inicial de un experimento.

Los diseños factoriales se pueden aumentar y formar diseños compuestos, o se pueden combinar con diseños en bloque si el caso no permite correr todo el diseño factorial

Puesto que consta de 2 niveles cada factor, se supone una respuesta lineal en el rango de los factores.

Supuestos:

El factor es fijo

El diseño es completamente aleatorizado

Las suposiciones de normalidad se satisfacen

Resuelva el crucigrama #2. esta actividad se centra en revisar algunos conceptos abordados en la unidad 5.

[Crucigrama: Diseños factoriales](#)

**Semana 13****5.3. Diseños con dos factores.**

Como el título lo indica se trata de diseños factoriales destinados a evaluar dos factores, como antes se mencionó con el mismo número de niveles y se puede construir un diseño factorial de cuatro tratamientos. Los diseños más usados son; factorial 2^2 , factorial 3^2 y el factorial 3×2 .

A este tipo de diseños es necesario replicar, en este caso una réplica es cada corrida completa del arreglo (corrida de todos los

tratamientos del arreglo factorial) ya que involucran menos de cuatro factores, y por lo tanto, necesitan tener la potencia necesaria para las pruebas estadísticas.

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

μ : media general

α_i : efector del nivel correspondiente del factor A

β_j : efector del nivel correspondiente del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de interacción en la combinación correspondiente

ε_{ijk} : error aleatorio

Recuerde que en este caso tendrá seis H_0 y el ANOVA correspondiente probará las cuatro fuentes de variación (incluida el error aleatorio) y que el caso de rechazar la H_0 se pueden probar comparaciones de medias con el fin de detectar cuáles medias causan las diferencias encontradas.

5.4. Diseños con tres factores.

Este tipo de diseños que se usan para investigar la influencia de tres factores sobre una o más variables de respuesta y con tres niveles en cada factor. Entre los arreglos más empleados tenemos; factorial 23, factorial 33 y factoriales mixtos con no más de cuatro niveles en dos de los factores.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

Modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

μ = media general

α_i = efecto del nivel i-ésimo del factor A

β_j = efecto del nivel j del factor B

γ_k = efecto del nivel k del factor C

$(\alpha\beta)_{ij}, (\alpha\gamma)_{ik}, (\beta\gamma)_{jk}$ = representan los efectos de interacción dobles en los niveles respectivos

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = efecto de interacción triple en la combinación a punto ijk

l = son las repeticiones o réplicas del experimento

ε_{ijkl} = Error aleatorio en la combinación ijk

En este tipo de arreglo factorial se pueden plantear siete H_0 , el ANOVA correspondiente probará las siete fuentes de variación más el error aleatorio, recuerde que para que sus conclusiones respecto de las relaciones entre los efectos para que tengan validez deberá usted probar los supuestos del ANOVA; normalidad, varianza constante e independencia.

**Actividades de aprendizaje recomendadas**

Haga cuadros sinópticos de los conceptos implicados en los diseños factoriales. Podría usted empezar definiendo ¿cuándo se debe proponer un diseño de tipo factorial? Luego puede usted agregar los conceptos nuevos tales como; factor, tipos de factores,

efectos y arreglo factorial, para cada uno desprendan los tipos reconocidos en esta unidad. Recuerde que hemos revisado diseños de dos y tres factores, por lo tanto, le sugiero haga un cuadro con dos ramas asociadas al concepto principal.



Semana 14

5.5. Diseños con dos factores.

Factorial 2^k : 2^k significa k factores con 2 niveles de prueba en cada uno, principalmente útiles cuando el número de factores a estudiar está entre dos y cinco (). Las réplicas consistirán en $2 \times 2 = 4$ **tratamientos**. Por definición están caracterizados ya sea en el planteamiento de la hipótesis como de las fuentes de variabilidad de la misma manera que los diseños con dos factores antes mencionados.

5.6. Diseños con tres factores.

Se utilizan cuando se quiere estudiar la influencia de tres factores (A , B y C) sobre una o más variables de respuesta, con el mismo número de niveles (tres; a , b y c) que se prueban en cada uno de los factores.

3^k significa k factores con 3 niveles de prueba en cada uno, entre los arreglos más comunes se encuentran: Factorial 2^3 . Factorial 3^3 . Factoriales mixtos (no mas de cuatro niveles en dos de los factores).

Los factoriales mixtos, se usan o se construyen cuando los factores estudiados no tienen el mismo número de niveles, por ejemplo $4 \times 3 \times 2$, es decir, se experimenta con tres factores, cuatro, tres y dos niveles para cada factor respectivamente.

Se aplican cuando: Se tienen factores continuos y si interesa estudiar los efectos cuadráticos, bajo el supuesto que la respuesta no es lineal. Se tienen factores categórico o discretos y de forma natural tiene tres niveles. Al igual que los arreglos 3^k . Pero... en los factoriales mixtos se tiene un número distinto y limitado de niveles y se interesa estudiar todos los niveles.



Semana 15

5.7. Diseño factorial general.

Como antes se mencionó, los diseños factoriales se pueden extender cuando se tiene más de tres factores (A, B, C, ... K) con más de tres niveles (a, b, c, ...k), "la letra k denota el último factor del conjunto que se quiere estudiar". Este diseño tendrá la variante que permite estudiar los efectos principales de interacciones dobles, interacciones triples o de más combinaciones, por ejemplo, el diseño factorial 2^5 tiene cinco efectos principales, 10 interacciones dobles, 10 interacciones triples, cinco interacciones cuádruples y una interacción quíntuple (en total 31 efectos).

En el ANOVA para el factorial mixto tiene la necesidad de implementar al menos dos réplicas, sin embargo, en un factorial completo casi nunca interesan todos los posibles efectos, y se aplica el principio de Pareto, que menciona que la mayoría de la variabilidad observada se debe a unos pocos de los efectos posibles.

5.8. Modelos de efectos aleatorios.

Hasta ahora los ANOVA que se han mencionado se refieren a modelos de efectos fijos, es decir, todos los niveles de prueba en cada factor son todos los disponibles para ese factor y porque se estudian todos los niveles de interés en ese factor y se mencionan como **factor fijo**, por tanto, los ANOVA mencionados son de factor fijo y las conclusiones que se declaran solo son válidas para los niveles de prueba que se estudian en ese experimento.

En otro aspecto, cuando los niveles de prueba usados en un factor son una muestra aleatoria de la población de niveles posibles para ese factor, es mucho más apropiado usar un modelo efectos o **factores aleatorios**, aplicar este modelo implica la necesidad de considerar la incertidumbre asociada con la elección aleatorio de los niveles de prueba, por ejemplo, si usted quiere analizar la eficacia de una empresa productora de té, con una muestra de cinco trabajadores, pero el total de trabajadores es 100. En cuyo caso ya no tiene sentido preocuparse por el efecto de un factor elegido para un nivel de prueba, sino que ahora es más apropiado analizar la varianza con la que el factor aleatorio afecta a la varianza total del experimento y si la respuesta es significativa, a esto se lo llama **componentes de varianza**.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Además de resolver la autoevaluación 4, y con miras a tener una idea más práctica acerca de los diseños factoriales Revise el recurso: Diseño Factorial (<http://www.dpye.iimas.unam.mx/patricia/indexer/factoriales.pdf>) lea comprensivamente y analice las ventajas del diseño factorial presentados en dicho artículo. Recuerde usted anotar preguntas y comparar los contenidos con los expuestos en este texto guía.

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)



Autoevaluación 4

Escoja la respuesta correcta, tomando en cuenta la unidad 5:

1. ¿Qué es un factor cualitativo?
 - a. Variable que toma valores discretos o nominales.
 - b. Variable que toma valores continuos o numéricos.
 - c. Variable que forman un conjunto de tratamientos.
 - d. Cambio que se observa en la variable de respuesta.

2. ¿A qué se conoce como efecto del factor?
 - a. Cambios en la media de la variable de respuesta ocasionado por el error aleatorio.
 - b. Cambio observable en la respuesta a causa del cambio de nivel en el factor.
 - c. Cambio observable en la respuesta a causa del cambio del factor.
 - d. Cambios en la media de la variable de respuesta a causa del cambio de nivel en el factor.

3. ¿Qué es el efecto principal?
 - a. Cambio que se observa en la variable de respuesta a causa de un cambio de nivel en el factor.
 - b. Cualquier conjunto de tratamientos o puntos experimentales que se puedan formar al considerar.
 - c. Cambios en la media de la variable de respuesta dada por el efecto individual de cada factor estudiado.
 - d. Se da cuando en la variable de respuesta el efecto de un factor depende del nivel en el que está otro.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas

4. ¿Qué es el efecto de interacción?
 - a. Cambio que se observa en la variable de respuesta a causa de un cambio de nivel en el factor.
 - b. Cualquier conjunto de tratamientos o puntos experimentales que se puedan formar al considerar.
 - c. Cambios en la media de la variable de respuesta dada por el efecto individual de cada factor estudiado.
 - d. Se da cuando en la variable de respuesta el efecto de un factor depende del nivel en el que está otro.
5. ¿Qué es un arreglo factorial?
 - a. Cualquier conjunto de tratamientos o puntos experimentales que se puedan formar al considerar todas las posibilidades de combinación de los niveles de los factores.
 - b. Cualquier conjunto de tratamientos destinados a evaluar dos factores sobre una variable de respuesta.
 - c. Cualquier conjunto de datos que se puedan formar al considerar todas las posibilidades de combinación de los niveles en los tratamientos de un experimento.
 - d. Tipo de diseños que se usan para investigar la influencia de tres factores sobre una o más variables de respuesta.
6. ¿En un diseño factorial, ¿cuántos niveles tiene el diseño con tres factores?
 - a. Dos.
 - b. Tres.
 - c. Cuatro.
 - d. Cinco.

7. ¿Qué tipo de arreglo factorial tiene cuatro tratamientos?
- a. 2^2 .
 - b. 2^3 .
 - c. 3^2 .
 - d. 3^3 .
8. ¿Qué tipo de diseño se debe utilizar si se quiere estudiar la influencia de tres factores sobre una o más variables de respuesta?
- a. Factoriales mixtos.
 - b. Factoriales con dos factores.
 - c. Factoriales 2^k .
 - d. Factoriales con tres factores.
9. ¿Qué tipo de diseño factorial se debe usar cuando los factores estudiados no tienen el mismo número de niveles?
- a. Factorial mixto.
 - b. Factorial general.
 - c. Factorial con dos factores.
 - d. Factorial con tres factores.
10. Cuando los niveles de prueba usados en un factor son una muestra aleatoria de la población de niveles posibles para ese factor ¿qué modelo de efectos se debe usar?
- a. De efectos fijos.
 - b. Pruebas de supuestos.
 - c. ANOVA.
 - d. De efectos aleatorios.

[Ir al solucionario](#)

[Índice](#)

[Primer
bimestre](#)

[Segundo
bimestre](#)

[Solucionario](#)

[Referencias
bibliográficas](#)



Actividades finales del bimestre



Semana 16

Apreciado estudiante:

Hemos llegado al final del segundo bimestre, recuerde dedicar esta semana a recordar y reforzar los temas revisados en las unidades 3 a la 5, Para ello usted deberá analizar los contenidos respecto de:

Unidad 3: Experimentos con un solo factor, recuerde que este tipo de experimentos implica comparaciones y pruebas de distintos tipos, recuerde intentar interiorizar las diferencias entre los tipos de pruebas y los conceptos implicados, además intente revisar algunas definiciones que no logre entender. Además, revise las estrategias para la verificación de los supuestos del ANOVA y los distintos métodos para realizarlos. Recuerde también que en este nivel ya usted estará realizando actividades prácticas que implican hacer análisis utilizando R o el software estadístico de su elección.

Unidad 4: Diseño en Bloques, revise detenidamente los conceptos implicados en esta unidad, recuerde que hay distintas formas de correr experimentos utilizando estos diseños, revise las fuentes de variabilidad de todos los mencionados en esta unidad y analice las diferencias para luego recordarlo cuando sea necesario.

Unidad 5: Diseños factoriales, en esta última unidad revise usted no solo los conceptos implicados y las diferencias en los arreglos, sino también los posibles alcances y las diferencias con los diseños anteriormente revisados.

[Índice](#)[Primer bimestre](#)[Segundo bimestre](#)[Solucionario](#)[Referencias bibliográficas](#)



4. Solucionario

Autoevaluación 1		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	c	Un experimento implica manipulación que altera las condiciones de un sistema o proceso.
2	a	La variable de respuesta es la que sirve para conocer el efecto o los resultados de cada prueba experimental.
3	d	Las variables que en un proceso se pueden fijar en un determinado nivel, es decir se pueden controlar son las variables controlables.
4	b	La temperatura de creación es el factor que se va a controlar para poder analizar su influencia en la fabricación de botellas pet.
5	a	La fecha de cumpleaños es un factor no controlable ya que difícilmente se puede establecer como condición que los grupos de empleados analizados hayan nacido en un determinado rango de fechas.
6	d	La cantidad en este caso de colorante o de cualquier tipo es un factor que se puede controlar en cualquier manipulación.
7	a	El error aleatorio constituye la variable observada que no se puede explicar por los factores estudiados y que resulta del pequeño efecto de los factores no estudiados y el error del experimento.
8	a	Los niveles son los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño de experimento

Autoevaluación 1		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
9	b	La combinación de dos factores en un determinado nivel constituye lo que se conoce como tratamiento.
10	a	la repetición en un diseño experimental implica hacer una distinción entre las variables y el error aleatorio.

[Ir a la autoevaluación](#)

[Índice](#)

[Primer bimestre](#)

[Segundo bimestre](#)

[Solucionario](#)

[Referencias bibliográficas](#)

Autoevaluación 2		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	Hacer inferencia significa capturar toda la información o características de una población a partir de una muestra representativa de la misma población.
2	d	Un estadístico es una cantidad que se obtiene a partir de los datos de una muestra y que ayuda a resumir las características de la misma muestra
3	a	Una muestra es una parte representativa de una población dada.
4	a	Un estimador puntual es un estadístico que estima un valor de un parámetro de la población.
5	d	Una hipótesis de investigación es una declaración realizada por un investigador cuando este especula acerca de un resultado final de una investigación o experimento
6	b	Un estadístico de prueba es aquella fórmula con la que a partir de los datos de una hipótesis nula se calcula un número cuya magnitud permite discernir si se rechaza o no dicha hipótesis
7	d	Los diseños completamente al azar son considerados experimentos con un solo factor ya que intentan analizar la influencia de un solo factor sobre una variable de respuesta.
8	b	El ANOVA o análisis de varianza separa la variación total en las partes con las que influye cada fuente de variación en un experimento
9	a	la hipótesis en un análisis de varianza en un diseño completamente al azar está representada por la igual de las medias como en cualquier ANOVA, pero en un DCA, este se especifica como la igualdad de los tratamientos respecto de la media de la respectiva variable de respuesta.

Autoevaluación 2		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
10	c	En los diseños completamente al azar; si lo que se quiere es comparar las cuatro diferentes dietas en la reducción de enfermedades coronarias y se hacen ocho repeticiones se tendrán 32 observaciones de respuesta al azar ($8 \times 4 = 32$)

[Ir a la autoevaluación](#)

[Índice](#)

[Primer bimestre](#)

[Segundo bimestre](#)

[Solucionario](#)

[Referencias bibliográficas](#)

Autoevaluación 3		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	Los diseños completamente al azar son considerados experimentos con un solo factor ya que intentan analizar la influencia de un solo factor sobre una variable de respuesta.
2	c	A partir de la idea de verificar si un conjunto de datos ha sido generado por un proceso normal, entendiéndose como proceso normal a su distribución normal se utilizará la prueba de Shapiro_Wilks
3	a	El análisis de la varianza separa la variación total en las partes con las que influye cada fuente de variación en un experimento.
4	b	La prueba de Durbin-Watson se utiliza para verificar el supuesto de independencia en un ANOVA con la limitación que esta no logra detectar otros patrones de correlación entre los residuos que son descriptores de que no se cumple el proceso, en cuyo caso es restrictiva.
5	d	La hipótesis de partida en un DCA será la igualdad de los tratamientos respecto de la media de la correspondiente variable de respuesta.
6	b	El método de diferencias mínima significativa es uno de los más usados y parte de la hipótesis nula de igualdad de las medias entre dos tratamientos.
7	a	El factor de bloque lo constituyen las variables adicionales al factor de interés que se incorporan de manera explícita en un experimento comparativo
8	d	Las fuentes de variabilidad en un diseño en bloque completamente al azar son el factor de tratamiento, el factor de bloque y el error aleatorio.
9	a	Los diseños en bloque de cuadro latino se emplean cuando se controlan dos factores de bloque uno de tratamientos con la misma cantidad de niveles.

Autoevaluación 3		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
10	c	El número de factores diferencia los arreglos en bloque de tipo latino de los grecolatinos, en el primer caso se controlan dos y en el tercer caso se controlan tres factores.

[Ir a la autoevaluación](#)

[Índice](#)

[Primer bimestre](#)

[Segundo bimestre](#)

[Solucionario](#)

[Referencias bibliográficas](#)

Autoevaluación 4		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	En los factores cuantitativos los niveles toman valores continuos, por tanto un factor cuantitativo es aquel en el que los niveles toman cualquier valor dentro de un determinado intervalo
2	b	El efecto de un factor es el cambio que se observa en la variable de respuesta a causa de un cambio de nivel en el factor estudiado.
3	c	El efecto principal son los cambios en la media de la variable de respuesta dada por el efecto individual de cada factor estudiado, se puede obtener de la diferencia entre los promedios de las respuestas observadas en el nivel alto menos el nivel bajo.
4	d	El efecto de interacción se da cuando en la variable de respuesta el efecto de un factor depende del nivel en el que está otro, por ejemplo, el factor A y el factor B interactúan si el efecto de A es bastante diferente en cada nivel en el que se encuentra B.
5		El arreglo factorial es cualquier conjunto de tratamientos o puntos experimentales que se puedan formar al considerar todas las posibilidades de combinación de los niveles de los factores.
6	b	En un arreglo factorial con tres factores; 3^k significa k factores con 3 niveles de prueba en cada uno.
7	a	En los arreglos factorial 2^k - 2^k significa k factores con 2 niveles de prueba en cada uno, principalmente útiles cuando el número de factores a estudiar está entre dos y cinco (). Las réplicas consistirán en $2*2 = 4$ tratamientos.
8	d	Se utilizan diseños con tres factores, cuando se quiere estudiar la influencia de tres factores (A, B y C) sobre una o más variables de respuesta, con el mismo número de niveles (tres; a, b y c) que se prueban en cada uno de los factores

Autoevaluación 4		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
9	a	Los factoriales mixtos, se usan o se construyen cuando los factores estudiados no tienen el mismo número de niveles, por ejemplo $4 \times 3 \times 2$, es decir, se experimenta con tres factores, cuatro, tres y dos niveles para cada factor respectivamente.
10	d	cuando los niveles de prueba usados en un factor son una muestra aleatoria de la población de niveles posibles para ese factor, es mucho más apropiado usar un modelo efectos o factores aleatorios

[Ir a la autoevaluación](#)

[Índice](#)

[Primer bimestre](#)

[Segundo bimestre](#)

[Solucionario](#)

[Referencias bibliográficas](#)



5. Referencias bibliográficas

Fisher, A. (1971). The design of experiments. U. S. A., Hafner Publishing Company, Ing.

Gutiérrez, H. & de la Vara, R. (2012). Análisis y diseño de experimentos. México, D.F.: MacGraw Hill.

Martínez, M. & Yandún, E. (2017) Seguridad y Salud Ocupacional en Ecuador: Contribución Normativa a la Responsabilidad Social Organizacional. España, INNOVA Research Journal. Pgs. 56-58.

Diseños factoriales, enlace recuperado de: <http://www.dpye.iimas.unam.mx/patricia/indexer/factoriales.pdf> 7 de mayo de 2020.

Índice

Primer
bimestre

Segundo
bimestre

Solucionario

Referencias
bibliográficas