Universidad Norbert Wiener

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA ACADÉMICO DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN LABORATORIO CLÍNICO Y ANATOMÍA PATOLÓGICA

Tesis

Capacidad diagnóstica del índice TyG-IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima, 2026

Para optar el Título Profesional de

Licenciado en Tecnología Médica en Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica

Presentado por:

Autor: Huamaní Sánchez, Billy Albert

Código ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2973-5329

Asesora: Mg. Cossio Villar, Mery Ann

Código ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3224-4849

Lima – Perú

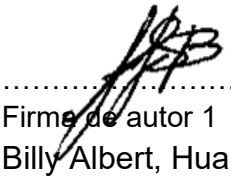
2026

Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01	FECHA: 08/11/2022

Yo, **Billy Albert, Huamaní Sánchez** egresado de la Facultad de Ciencias de la Salud del Programa Académico de Tecnología Médica en Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que la tesis titulada **"Capacidad diagnóstica del índice TyG–IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026"** Asesorado por el docente: MG. COSSIO VILLAR, MERY ANN DNI 42348307 ORCID **0000-0002-3224-4849** tiene un índice de similitud de 10 % con código **oid: :14912:613146639** verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

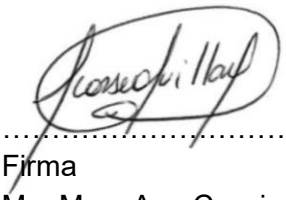
Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



…….
Firma de autor 1
Billy Albert, Huamaní Sánchez
DNI: 46088688

…….
Firma de autor 2
Nombres y apellidos del Egresado
DNI: ……..



…….
Firma
Mg. Mery Ann Cossio Villar
DNI:42348307

Lima, 10 de Agosto de 2026

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Carmen Rosa y Nicanor Alberto, por ser mi mayor inspiración y el pilar que hizo posible este logro.

A mi hermana Patricia, por su compañía y su apoyo incondicional a lo largo de este proceso.

A todas las personas que estuvieron presentes en este trayecto y contribuyeron a mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, fuente de amor y sabiduría, por iluminar mi camino y darme la fortaleza para culminar esta etapa.

A mis padres y a mi hermana, por su amor incondicional, apoyo constante y por creer siempre en mí.

A mi pareja, Karin, por su compañía, comprensión y motivación en los momentos más exigentes de este proceso.

A la Universidad Norbert Wiener, por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente.

A la Mg. Mery Ann Cossio Villar, por su guía, dedicación y acompañamiento en la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria iii

Agradecimiento iv

Índice general v

Indice de graficos viii

Resumen ix

Abstract x

Introducción xi

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA 1

1.1 Planteamiento del Problema 1

1.2 Formulación del Problema 4

1.2.1. Problema General 4

1.2.2. Problemas Específicos 4

1.3. Objetivos de la Investigación 4

1.3.1 Objetivo general 4

1.3.2 Objetivos específicos 4

1.4. Justificación de la investigación 5

1.4.1. Teórica 5

1.4.2. Metodológica 5

1.4.3. Práctica 6

1.5. Limitaciones de la investigación 6

1.5.1. Temporal 6
1.5.2. Espacial 7
1.5.3. Población o unidad de análisis 7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 8
2.1. Antecedentes 8
2.1.1. Antecedentes internacionales 8
2.1.2 Antecedentes nacionales 11
2.2. Bases teóricas 14
2.2.1. Conceptualización del índice TyG–IMC (TyG–BMI) 14
2.2.2. Hiperglucemia intermedia 20
2.3. Formulación de hipótesis 24
2.3.1. Hipótesis general 24
2.3.2. Hipótesis específicas 25
CAPITULO III: METODOLOGÍA 26
3.1. Enfoque de la investigación 26
3.2. Tipo de la investigación 26
3.3. Nivel de la investigación 26
3.4. Diseño de la investigación 26
3.5. Población, muestra y muestreo 27
3.5.1. Población 27
3.5.2. Muestra 27
3.5.3. Muestreo 27
3.6. Variables y Operacionalización 29
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 29
3.7.1. Técnica 29

3.7.2. Descripción de los instrumentos 30
3.7.3. Validación 30
3.7.4. Confiabilidad 30
3.8. Procesamiento y análisis de datos 31
3.9. Aspectos éticos 32
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 33
4.1. Resultados 33
4.1.1 Análisis descriptivo de resultados 33
4.1.2 Prueba de hipótesis 37
4.1.3 Discusión de resultados 44
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58
Anexos 69

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Análisis descriptivo según sexo 33

Gráfico 2 Análisis descriptivo según rango de edades 34

Gráfico 3 Análisis descriptivo por rango según el IMC 35

Gráfico 4 Análisis descriptivo de Triglicéridos según la muestra 35

Gráfico 5 Análisis inferencial Curva de ROC 38

Gráfico 6 Análisis inferencial Índice TyG-IMC 39

Gráfico 7 Análisis inferencial sensibilidad y especificidad 40

Gráfico 8 Análisis inferencial Índice de Youden vs Punto de Corte 42

Gráfico 9 Análisis inferencial del valor predictivo y negativo 43

Resumen

La investigación evaluó la capacidad discriminativa del índice triglicéridos-glucosa multiplicado por el índice de masa corporal (TyG-IMC) para identificar glucosa en ayunas alterada en trabajadores de una clínica ocupacional de Lima durante 2025. Se realizó un estudio observacional, analítico, retrospectivo de casos y controles con 300 participantes: 100 casos con glucosa en ayunas entre 100–125 mg/dL y 200 controles normoglucémicos. El TyG-IMC fue calculado a partir de registros de glucosa, triglicéridos, peso y talla. Se evaluó su rendimiento mediante curva ROC con estimación de área bajo la curva, punto de corte óptimo, sensibilidad, especificidad y valores predictivos. El área bajo la curva fue 0,804 (IC95%: 0,752–0,856), lo que pone de manifiesto una adecuada capacidad discriminativa, siendo el punto de corte óptimo 248,8 con sensibilidad de 73,0% y especificidad de 78,5%. Los valores predictivos positivo y negativo fueron del 62,9% y 85,3%, respectivamente; no obstante, son valores que deben ser interpretados con cautela, dado que el diseño de casos y controles no refleja la prevalencia poblacional real. El TyG-IMC parece ser una herramienta de tamizaje útil en el contexto de salud, sobre todo por su alto valor.

PALABRAS CLAVES: Triglicéridos, glucosa, IMC, hiperglucemia

Abstract

This research evaluated the discriminative capacity of the triglyceride-glucose index multiplied by body mass index (TyG-BMI) to identify impaired fasting glucose in workers at an occupational health clinic in Lima during 2025. A retrospective, analytical, case-control, observational study was conducted with 300 participants: 100 cases with fasting glucose between 100–125 mg/dL and 200 normoglycemic controls. The TyG-BMI was calculated from glucose, triglyceride, weight, and height records. Its performance was evaluated using a receiver operating characteristic (ROC) curve with estimation of the area under the curve, optimal cutoff point, sensitivity, specificity, and predictive values. The area under the curve was 0.804 (95% CI: 0.752–0.856), demonstrating adequate discriminatory capacity, with an optimal cutoff point of 248.8, a sensitivity of 73.0%, and a specificity of 78.5%. Positive and negative predictive values were 62.9% and 85.3%, respectively; however, these values should be interpreted with caution, given that the case-control design does not reflect the actual population prevalence. The TyG-IMC appears to be a useful screening tool in a healthcare setting, primarily due to its high predictive value.

KEYWORDS: Triglycerides, glucose, BMI, hyperglycemia

Introducción

La hiperglucemia intermedia (HI), comúnmente conocida como prediabetes, constituye un importante trastorno metabólico a nivel mundial, caracterizado por niveles de glucosa superiores a los normales, pero inferiores al umbral diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2. En 2021, la tolerancia a la glucosa alterada afectaba a cerca del 11% de los adultos a nivel global, con proyecciones de incremento sostenido hacia 2045 (1). La hiperglucemia intermedia resulta de mecanismos fisiopatológicos como la resistencia a la insulina y la disfunción de las células beta, y se asocia con un aumento significativo del riesgo de mortalidad por todas las causas y de eventos cardiovasculares (5).

En Latinoamérica, la prevalencia promedio de HI es del 24%, con una marcada heterogeneidad debida a factores como la urbanización acelerada y los cambios en los estilos de vida (6). En el Perú, se estima que la hiperglucemia intermedia afecta a más del 20% de la población adulta, con factores de riesgo prevalentes como el sobrepeso, la obesidad y la inactividad física (9). A nivel de Lima, estudios en clínicas ocupacionales evidencian una incidencia de HI del 10,63%, asociada a comportamientos sedentarios y trabajo por turnos (11).

Frente a este escenario, el índice TyG-IMC, que combina triglicéridos, glucosa en ayunas e índice de masa corporal, ha mostrado elevada capacidad discriminativa para la detección de alteraciones glucémicas en diversos estudios, representando una alternativa costo-efectiva para el tamizaje en poblaciones laborales (12-16). Sin embargo, a pesar de la evidencia creciente sobre el TyG-IMC como marcador metabólico, existe escasa información sobre su rendimiento diagnóstico específico para hiperglucemia intermedia en población trabajadora ocupacional de Lima, contexto particular donde factores como el sedentarismo laboral, el estrés crónico y los turnos nocturnos pueden modificar la relación entre el índice y la condición metabólica de manera diferente a poblaciones generales.

En el Capítulo I se muestra el problema de investigación, con la exposición del planteamiento del problema, la formulación del problema general y específicos así como los objetivos correspondientes. También se incluye la justificación en su dimensión teórica, metodológica y práctica, además de las limitaciones detectadas para el desarrollo del estudio.

En el Capítulo II se abarca el marco teórico, el que describe los antecedentes internacionales y nacionales del tema a tratar, posteriormente las bases teóricas sobre el índice de TyG-IMC y el diagnóstico de hiperglucemia intermedia, y el mismo finaliza con la presentación de la hipótesis general y las hipótesis específicas con las que se cuenta para esta investigación.

En el Capítulo III se desarrolla la metodología usada incluyendo el método, enfoque, tipo y nivel de investigación, el diseño utilizado. Igualmente, se incluye la descripción de la población, la muestra, la operacionalización de variables, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, y los procedimientos del análisis de la información. Finaliza el capítulo apuntando los aspectos éticos considerados.

El Capítulo IV está dedicado a la presentación y discusión de los resultados, donde se muestran los hallazgos a partir del análisis de los datos y se contrastan con estudios previos y el marco teórico.

Finalmente, el Capítulo V comprende las conclusiones y recomendaciones, que se derivan de todo el análisis realizado y buscan aportar información útil para el manejo clínico y preventivo de los trabajadores evaluados. Con esta estructura, el estudio pretende contribuir al conocimiento sobre las alteraciones metabólicas en el ámbito ocupacional y servir como base para futuras investigaciones en salud pública.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La hiperglucemia intermedia, popularmente conocida como prediabetes, representa una alteración metabólica con repercusiones mundiales, ya que se ejemplifica por el aumento de la glucosa en sangre a cifras superiores a las de la normalidad, aunque inferiores a los valores diagnósticos de diabetes mellitus. Tal y como estaba escrito en 2021, el porcentaje de las personas adultas con intolerancia a la glucosa alterada correspondía a un 11% mundialmente, por el contrario, el porcentaje de las personas adultas con glucosa en ayuno alterada era de un 6%, ascendiendo este último valor por incrementos en los índices. Según las proyecciones que discurren hasta el año 2045, las cifras aumentan aún más. Las estimaciones de 2024 confirman dicha tendencia, pues la intolerancia a la glucosa alterada y la glucosa en ayuno alterada presentaban cifras de alrededor de un 12% y un 9% respectivamente, y el impacto es particularmente creciente en aquellos países con ingresos bajos y medianos (1,2).

La hiperglucemia intermedia provoca, debido a mecanismos fisiopatológicos de distinto tipo, resistencia a la insulina, disfunción de las células beta pancreáticas, lipólisis aumentada, inflamación crónica de bajo grado, efecto reducido de las incretinas y sobreproducción hepática de glucosa. Entre sus causas más destacadas se encuentran la obesidad, sedentarismo, dietas ricas en hidratos de carbono de absorción rápida y grasas saturadas, edad avanzada, antecedentes familiares y la predisposición genética en algunos grupos étnicos. Se han asociado incrementos del 13% en la mortalidad por todas las causas, 15% en enfermedad cardiovascular, 16% en cardiopatía coronaria y 14% en accidente cerebrovascular y también el pronóstico de un incremento en complicaciones microvasculares, antes incluso de la conversión a la diabetes tipo 2 (3-5).

En Latinoamérica, la prevalencia promedio de la hiperglucemia intermedia es del 24%, variando según los criterios diagnósticos aplicados: 11% según la OMS, 18% por glucosa en ayunas, 20% por prueba posprandial y 32% mediante HbA1c. La epidemiología es heterogénea debido a factores como la urbanización acelerada, las transiciones socioeconómicas y los cambios en los estilos de vida (6). Entre las principales causas destacan el exceso de dietas hipercalóricas, la disminución de la actividad física y la elevada prevalencia de obesidad. Asimismo, la mezcla genética de las poblaciones latinoamericanas podría incrementar la susceptibilidad a la resistencia a la insulina (7). Las consecuencias incluyen una progresión acelerada a DM2, con tasas anuales del 5–10%, y una alta carga de morbilidad cardiovascular y renal. El aumento de la diabetes tiene una prevalencia que oscila entre el 8 % al 13 %, cifra que se puede elevar hasta un 40 % cuando no se tiene el diagnóstico (6). En el ámbito nacional, se estima la hiperglucemia intermedia en un 13,02 % de la población. Algunos estudios más recientes también informan resultados que se han visto incrementados un 24,5 %, en función de la zona y el método diagnóstico. En relación con la diabetes mellitus, se estima su prevalencia en 5,90 % (8).

En Perú, la prevalencia de diabetes mellitus se estima en 5,9 % en adultos, pero la hiperglucemia intermedia o prediabetes afecta a más del 20 % de la población adulta. También persisten desigualdades geográficas, siendo más prevalente la enfermedad en las zonas urbanas costeras (Lima), que en la sierra y la selva. Un 37 % de estos casos también se consideran no diagnosticados (9). Los principales factores de riesgo identificados son el sobrepeso y la obesidad, presentes en más de la mitad de los adultos, junto con la inactividad física, hábitos alimentarios inadecuados, hipertensión arterial, dislipidemia, edad mayor de 35 años y antecedentes familiares de diabetes. Estos factores se agravan por determinantes sociales como la baja escolaridad y la pobreza urbana (10).

Los principales factores de riesgo identificados son el sobrepeso y la obesidad, presentes en más de la mitad de los adultos, junto con la inactividad física, hábitos alimentarios inadecuados, hipertensión arterial, dislipidemia, edad mayor de 35 años y antecedentes familiares de diabetes. Estos factores se agravan por determinantes sociales como la baja escolaridad y la pobreza urbana. Las consecuencias comprenden una incidencia nacional de progresión a diabetes tipo 2 de 19,5 por 1000 personas-año, incremento de eventos cardiovasculares, enfermedad renal crónica y un impacto económico relevante por los costos asistenciales y la pérdida de productividad.

A nivel de Lima, los estudios en clínicas ocupacionales evidencian una incidencia de hiperglucemia intermedia del 10,63% entre 2014 y 2021, asociada con comportamiento sedentario y turnos nocturnos. Entre los trabajadores urbanos, el 30-40% presenta exposición a riesgos ergonómicos y el 40,7% carece de servicios de salud ocupacional. Los factores ocupacionales como el sedentarismo prolongado, la alteración del ritmo circadiano por trabajo en turnos y el estrés laboral se suman a los factores metabólicos generales, incrementando el riesgo de progresión a diabetes tipo 2 (11).

Los factores ocupacionales como el sedentarismo prolongado, la alteración del ritmo circadiano por trabajo en turnos y el estrés laboral se suman a los factores metabólicos generales como la obesidad y el síndrome metabólico, incrementando el riesgo de progresión a DM2 (11).

El índice TyG-IMC, que combina triglicéridos, glucosa en ayunas e índice de masa corporal, ha mostrado elevada capacidad discriminativa para la detección de alteraciones glucémicas, con valores del área bajo la curva de hasta 0,852. Diversos estudios confirman su utilidad como herramienta de tamizaje de la hiperglucemia intermedia, con puntos de corte alrededor de 227,385, sensibilidad del 81,8% y especificidad del 72,4%, superando marcadores

tradicionales como TyG o IMC por separado. Su aplicación representa una alternativa costo-efectiva y no invasiva para el tamizaje en poblaciones laborales y en entornos con recursos limitados, contribuyendo a mejorar la detección temprana y la gestión preventiva del riesgo metabólico (13-16).

1.2 Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la capacidad diagnóstica del índice TyG-IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026?

1.2.2. Problemas Específicos

1. ¿Cuál es el punto de corte óptimo del índice TyG-IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026?
2. ¿Cuál es la sensibilidad y especificidad del índice TyG-IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026?
3. ¿Cuál es el valor predictivo positivo y negativo del índice TyG-IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar la capacidad diagnóstica del índice TyG-IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Establecer el punto de corte óptimo del índice TyG-IMC para la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026.

2. Evaluar la sensibilidad y especificidad del índice TyG-IMC para la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026.
3. Estimar los valores predictivos positivo y negativo del índice TyG-IMC para la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Teórica

Desde el punto de vista teórico, el TyG-IMC representó un avance conceptual relevante en la comprensión de la transición de la normoglucemia a la diabetes, al integrar componentes glucémicos, lipídicos y antropométricos que reflejan simultáneamente la resistencia a la insulina y la adiposidad. Dicho índice integra la evaluación de triglicéridos en ayunas y de glucosa en ayunas, y el índice de la masa corporal para ofrecer una medición indirecta, si bien contundente, de disfunción metabólica. Se evidenció en un conjunto de estudios de cohortes y análisis longitudinales que el TyG-IMC se asoció independientemente con el riesgo de desarrollar hiperglucemia intermedia y diabetes, lo que permitió la identificación de agrupaciones poblacionales de mayor susceptibilidad a la hiperglucemia. La información generada permitió validar el sustrato fisiopatológico del TyG-IMC como marcados sustituto de resistencia insulínica y su potencial uso como herramienta predictiva en fases tempranas de la alteración glucémica, contribuyendo al acervo teórico sobre biomarcadores emergentes en endocrinología y medicina preventiva (18).

1.4.2. Metodológica

En una línea metodológica, el TyG-IMC mostró ventajas en lo que respecta a la operativa, convirtiéndose en una alternativa con viabilidad para la vigilancia metabólica en el entorno laboral. Se calcula a partir de mediciones de laboratorio y antropometría de recursos

fáciles (glucosa, triglicéridos, peso y altura), así que no se precisa de técnicas invasivas o costutas. En la literatura reciente, su comportamiento ha sido evaluado mediante curvas ROC, análisis de sensibilidad y especificidad, modelos de riesgos proporcionales de Cox, y por lo tanto, su validez como herramienta de clasificación se encuentra bien avalada. Aplicar esta metodología en una población laboral de Lima está permitiendo evaluar el rendimiento diagnóstico del TyG-IMC y, a su vez, establecer un punto de corte adecuado al contexto.

1.4.3. Práctica

En términos prácticos, esta investigación producía resultados que sobre todo incluían datos significativos para la salud pública o la salud ocupacional. El diagnóstico precoz de glucosa en ayunas alterada en trabajadores podría ser efectivamente utilizado para intervenir específicamente sobre el potencial de la reducción del riesgo de progresión a diabetes implementando medidas para modificar los estilos de vida, controles médicos en seguimiento, etc., así como también servir de medio para reducir otros problemas de salud ocupacional consecuencia del aumento de los perfiles de riesgo, como una reducción del consumo de días de enfermedad, tipo de bajas laborales, etc. El TyG-IMC representa una herramienta de cálculo simplemente barato, fácil y factible que favorecería potencialmente su incorporación a los protocolos de las clínicas ocupacionales peruanas, según los recursos públicos disponibles.

1.5. Limitaciones de la investigación

1.5.1. Temporal

La recolección de datos se llevó a cabo en febrero de 2026, sobre la base de registros clínicos relativos a las evaluaciones médicas ocupacionales realizadas en el año 2025. Esta delimitación temporal quiso garantizar la comparabilidad u homogeneidad de la información analizada. No obstante, la disponibilidad y el grado de integridad de los registros clínicos pudieron restringir la inclusión de trabajadores elegibles.

1.5.2. Espacial

La investigación tuvo lugar en la clínica ocupacional de Lima. La elección del escenario fue explicada por el hecho de que en esta clínica existían registros clínicos sistematizados y que había una concentración de trabajadores del sector formal que periódicamente se sometían a la evaluación médica ocupacional. Lima fue un contexto específico del estudio, que tiene una importancia para la medida en que existe un incremento sostenido de trastornos metabólicos producidos por el ejercicio del modo de vida sedentario y las características del estrés laboral como parte de los entornos urbanos.

1.5.3. Población o unidad de análisis

La población estuvo compuesta por los trabajadores de entre 18 y 65 años evaluados en la clínica ocupacional seleccionada durante el 2025, y cuyos registros contaban con resultados de glucosa en ayunas, triglicéridos, peso y talla… adecuados para el cálculo del IMC. Se excluyeron aquellas personas que presentaron diagnóstico previo de diabetes mellitus tipo 2, las gestantes y aquellos que estuvieran bajo tratamiento que alterara los niveles de glucosa o de lípidos. Como limitaciones, el tamaño de la muestra estuvo supeditado al número de los trabajadores susceptibles y esto pudo limitar el poder estadístico y la generalización de los hallazgos. Además, posibles errores en los registros clínicos y factores laborales como el trabajo por turnos o el estrés pudieron actuar como variables no controladas y afectar la validez interna del estudio.

Como limitación metodológica adicional, la proporción fija de un caso por cada dos controles establecida por el diseño puede limitar la interpretación de los valores predictivos respecto a la población fuente. Por ello, los resultados describen el rendimiento del índice en una muestra cuya proporción de casos fue determinada por el diseño y no necesariamente en un contexto de tamizaje poblacional real.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Feng et al. (21), llevaron a cabo en China un estudio de cohortes retrospectivo multicéntrico con el objetivo de evaluar la asociación entre los índices TyG y TyG-IMC y el riesgo de desarrollar hiperglucemia intermedia. La investigación incluyó a 128 000 adultos sin esta condición al inicio, quienes fueron seguidos durante un promedio de 3,2 años. La metodología empleó análisis de Kaplan-Meier, modelos de regresión de Cox ajustados por diversas variables y splines cúbicos restringidos para examinar relaciones no lineales. Los resultados revelaron una asociación positiva y no lineal entre el TyG-IMC y el riesgo de hiperglucemia intermedia, siendo el cuartil más alto significativamente más riesgoso (HR 2,46) en comparación con el más bajo. Se identificaron relevantes inflection points y el riesgo fue considerablemente alto en el adulto menor de 45 años (HR 3,12) y en las mujeres (HR 2,78). Los autores concluyen que el TyG-BMI se considera un marcador mejor para detectar la resistencia a la insulina y el riesgo precoz de disglucemia, considerándose una herramienta práctica y no invasiva para prevenir la prediabetes.

Yang et al (22) en China realizaron un estudio de cohorte retrospectivo para determinar la capacidad predictiva del índice TyG-BMI para la transición de la prediabetes a la normoglucemia o diabetes tipo 2.. La metodología incluyó el seguimiento de 15 453 personas durante un promedio de cinco años, aplicando modelos de regresión de Cox, análisis ROC para determinar el área bajo la curva y pruebas de sensibilidad con control de variables como edad, sexo e IMC. Los resultados mostraron que un TyG-IMC elevado reducía la probabilidad de retornar a la normoglucemia (HR 0,90) y aumentaba el riesgo de progresión a diabetes (HR 1,26), con AUC de 0,61 y

0,63 respectivamente, identificando un punto de corte óptimo entre 214 y 220 con efectos más pronunciados en adultos jóvenes y no obesos. Los autores concluyen que este índice supera en capacidad predictiva al TyG o al IMC por separado, por lo que recomiendan mantenerlo por debajo de 214,68 para optimizar las estrategias preventivas en población con hiperglucemia intermedia.

Song et al. (23), llevaron a cabo en Japón un estudio con el objetivo de analizar la relación entre el índice TyG-IMC y el riesgo de desarrollar diabetes mellitus tipo 2. Para ello, emplearon una metodología de cohortes longitudinal con 15 157 adultos inicialmente normoglucémicos, a quienes siguieron durante un promedio de 5,8 años, aplicando modelos de regresión de Cox y análisis ROC. Los resultados mostraron una asociación independiente y significativa del TyG-IMC con la aparición de diabetes tipo 2, destacando un riesgo hasta 2,15 veces mayor en el tercil superior del índice, especialmente en jóvenes y mujeres. Los autores concluyen que este índice constituye un marcador temprano y eficaz de resistencia a la insulina, con potencial para orientar estrategias preventivas en poblaciones de riesgo.

Li et al. (24), llevaron a cabo en China un estudio de cohortes prospectivo con el objetivo de analizar la capacidad predictiva de varios índices metabólicos, en particular de los índices que provienen de TyG, para la ocurrencia de diabetes mellitus. El estudio incluyó 8 509 participantes adultos con ausencia de diabetes, siendo su estado glucémico caracterizado y monitorizado durante un tiempo de 4,6 años. A través de regresiones de Cox, análisis ROC y el riesgo relativo estandarizado, los autores observaron que el índice TyG-IMC fue el que mostró una mayor asociación en el riesgo de diabetes en el grupo de pacientes con alteración de glucosa en ayunas (HR=2,53 por cada unidad estandarizada; AUC=0,643), siendo superior a todos los demás índices. Por el contrario, en el grupo de personas con intolerancia a la glucosa o glucosa normal, el

índice TyG-cintura tuvo mejor resultado, mientras que no se hallaron diferencias significativas por el sexo. De este modo, los autores concluyen que el índice TyG-IMC constituye una herramienta práctica y con amplio valor en la detección precoz de diabetes en grupos de población con alteraciones tempranas de la glucosa.

Wang et al. (25), llevaron a cabo un estudio de cohortes en China con 3.114 personas adultas sin un diagnóstico previo de diabetes, a quienes se les realizó un seguimiento durante tres años para explorar la capacidad del índice TyG-IMC como predictor de diabetes de reciente aparición. El análisis incluyó modelos de regresión de Cox multivariables, mendeliana y curvas ROC, y se ajustó por edad, sexo, hipertensión, dislipidemia y obesidad; los resultados mostraron que el TyG-IMC es un predictor independiente y significativo de la diabetes (AUC = 0,774; HR = 1,50 por desviación estándar), y se confirmaron las asociaciones causales (OR = 1,21 por alelo de riesgo). El efecto fue más pronunciado en las personas jóvenes y no obesas. El estudio respalda el uso del TyG-IMC como marcador sustituto de resistencia a la insulina, un eficaz método de detección y una herramienta de tamizaje comunitario del riesgo de diabetes en la población general..

Mohamed et al. (26), en Sudáfrica, un ensayo piloto transversal con seguimiento prospectivo orientado a identificar predictores de diabetes mellitus de reciente diagnóstico entre 150 pacientes ingresados por COVID-19 moderado a severo, llevarán a cabo las mediciones del índice TyG, del IMC y de los marcadores inflamatorios IL-6, IL-10 e IL-1β, mediante análisis de regresión logística y curvas ROC. Los resultados indican que la combinación de TyG e IMC mostró una alta capacidad predictiva para nueva diabetes (AUC 0,86-0,91; OR 6,83 para TyG ≥ 5,08), con correlaciones significativas con IL-10 (r = 0,65); además, la incorporación de IL-1β e IL-10 logró un AUC de 0,95, lo que indica que la resistencia a la insulina fue el

mecanismo por defecto tras COVID. Concluyen que el TyG Index, acompañado de IMC y marcadores inflamatorios, ofrece un método práctico, barato y replicable para detectar el riesgo de diabetes en poblaciones vulnerables.

Xiao et al. (27) llevaron a cabo en China un estudio para analizar la relación entre el índice triglicérido-glucosa y el riesgo de hiperglucemia intermedia. Se llevó a cabo un diseño de cohortes retrospectivo durante 5 años que incluyó a 12.345 adultos jóvenes (a edad de 18 a 35 años) libres de hiperglucemia inicial al inicio del seguimiento, usando modelos de regresión de Cox y splines aditivos generalizados controlando por múltiples covariables. Los resultados mostraron una asociación positiva no lineal (HR= 1,81) y con un punto de inflexión en TyG= 9,39; bajo dicho umbral el riesgo se incrementó considerablemente (HR= 2.45) y luego se estabilizó. Los autores concluyeron que valores bajos de TyG (< 9,39) podrían ser importantes para la detección temprana y la prevención de la progresión hacia diabetes en adultos jóvenes.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Vera-Ponce et al. (28), llevaron a cabo una investigación en Perú basada en datos del proyecto PERU MIGRANT, con el objetivo de evaluar la precisión de once indicadores para la detección de resistencia a la insulina en adultos peruanos sin diagnóstico previo de diabetes. Para ello, emplearon una metodología de pruebas diagnósticas con una muestra de 938 participantes provenientes de zonas urbanas, rurales y migrantes, utilizando como referencia el índice HOMA-IR ≥2,8. Los resultados mostraron que el índice TyG-BMI presentó el mejor rendimiento diagnóstico, con un área bajo la curva de 0,85 en hombres y 0,81 en mujeres. Los autores concluyen que este índice constituye una herramienta accesible y eficaz para la

práctica clínica rutinaria, destacando además que la prevalencia de resistencia a la insulina en la población estudiada fue del 9,91%.

Alburqueque (29), llevó a cabo un estudio en una muestra de atención primaria de la selva durante el periodo 2022-2023 con el objetivo de evaluar la exactitud del índice triglicéridos y glucosa para diagnosticar síndrome metabólico. La metodología empleada consistió en la aplicación de un análisis ROC, cuyos resultados revelaron un punto de corte de TyG igual a 8,97, con una sensibilidad del 89,5% y una especificidad del 64,3%, además de un área bajo la curva de 0,889 (IC 95%: 0,851-0,922). El autor concluye discutiendo las diferencias interregionales en el desempeño del TyG y sugiere la necesidad de ajustar los puntos de corte según las características poblacionales. Este antecedente resalta la variabilidad geográfica de dichos puntos y refuerza la importancia de validar el indicador TyG-IMC en subgrupos específicos, como los trabajadores urbanos en Lima.

Chambergo (30), evaluó en Perú el impacto de la altitud sobre la incidencia de resistencia a la insulina en adultos sin diabetes. Para ello, empleó una metodología basada en datos de la cohorte longitudinal CRONICAS, analizando a 1.730 participantes de Lima, Tumbes y Puno durante un seguimiento promedio de 35,4 meses. Los resultados, obtenidos mediante modelos de Poisson ajustados, mostraron que residir a muy alta altitud (≥3500 msnm) se asoció con una menor incidencia de resistencia a la insulina (razón de tasas de incidencia de 0,68). El autor concluye que la exposición crónica a la hipoxia podría ejercer un efecto protector, especialmente en zonas rurales.

Poma (31) reanalizó la base de datos PERU MIGRANT (n=938) con el objetivo de evaluar el rendimiento diagnóstico de diversos índices antropométricos y

metabólicos para identificar resistencia a la insulina, utilizando un punto de corte de HOMA-IR ≥2. Mediante una metodología de estudios de pruebas diagnósticas, el autor describió detalladamente la selección de variables, el cálculo de los índices (TyG, TyG-BMI, TyG-WC, METS-IR, LAP, VAI) y los procedimientos estadísticos para el análisis de curvas ROC estratificadas por sexo. Los resultados mostraron que el índice TyG-IMC presentó un área bajo la curva de 0,836 en hombres y 0,830 en mujeres, además de reportar los puntos de corte óptimos, intervalos de confianza y valores predictivos. El estudio concluye con consideraciones metodológicas relevantes como el manejo de valores atípicos y la exclusión de participantes con glucosa ≥126 mg/dL, que resultan útiles como modelo metodológico para futuras investigaciones en población ocupacional.

Carrasco Zavala (32), llevó a cabo una revisión de alcance (scoping review) con el objetivo de identificar los principales índices y scores empleados para la detección de resistencia a la insulina en adultos con patologías metabólicas. La metodología utilizada se basó en los lineamientos del PRISMA-ScR e incluyó 41 artículos, seleccionados a partir de 6.358 registros obtenidos en bases de datos internacionales. Los resultados mostraron un total de 27 índices diferentes, entre los cuales los más utilizados fueron el HOMA-IR, el TyG y el QUICKI, todas consideradas alternativas prácticas al clamp hiperinsulinémico, aunque con variabilidad en los puntos de corte y desempeño según la población. Los autores concluyen afirmando la necesidad de estandarizar los valores de referencia y de validar estos índices en otros contextos poblacionales, así como en países latinoamericanos, para que puedan resultar de más ayuda en la aplicación clínica.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Conceptualización del índice TyG–IMC (TyG–BMI)

El índice TyG-IMC debe considerarse un nuevo marcador diagnóstico que utiliza tanto parámetros metabólicos como antropométricos en la evaluación de la sensibilidad a la insulina, y este índice proviene de la fusión del índice triglicéridos-glucosa y del índice de masa corporal, constituyendo una estrategia no invasiva, asequible y que puede ser aplicada clínicamente para la detección de alteraciones metabólicas tempranas relacionadas con el síndrome metabólico, pero también con la transición a los estados de disglucemia.

Desde el punto de vista fisiopatológico, el TyG-IMC se origina a partir de la estrecha vinculación de la resistencia a la insulina, la dislipidemia y el exceso de adiposidad corporal. El componente TyG, entendido como el logaritmo natural del producto triglicéridos en ayunas x glucosa plasmática/2, ha mostrado ser un buen indicador para la resistencia a la insulina, evidenciando correlación significativa con el método estándar de la prueba del clamp euglucémico-hiperinsulinémico. La inclusión del IMC aumenta la capacidad predictiva, al considerar el componente obesidad, el cual es de importancia en la cascada patogénica de la enfermedad metabólica (33).

Matemáticamente, el índice se calcula mediante la fórmula:

$$TyG–IMC = TyG \times IMC, \text{ donde}$$
$$TyG = Ln\,[\text{triglicéridos (mg/dL)} \times \text{glucosa (mg/dL)} / 2]$$
$$\text{e } IMC = \text{peso (kg)} / \text{estatura}^2\ (m^2).$$

Dicha integración deja atrás las limitaciones de los índices individuales, ya que se ha incrementado la sensibilidad y especificidad mediante su utilización para identificar a las personas en riesgo. La validez clínica del TyG-IMC se ha puesto a prueba en diversos contextos epidemiológicos. En población general se ha comprobado

que el TyG-IMC presenta una mejor predicción de alteraciones metabólicas frente al TyG aislado, especialmente en sujetos no obesos donde se alcanzan sensibilidades que sobrepasan el 90% (33).

En cuanto a las principales ventajas metodológicas es una técnica no invasiva, permitiendo su aplicación en tamizajes poblacionales de bajo coste. Pero también existen limitaciones inherentes al método, como la existencia de variabilidad de los puntos de corte en función de la etnia, la falta de estandarización internacional y su bajo rendimiento en pacientes con diabetes avanzada o insuficiencia renal crónica, donde las cifras de triglicéridos pueden verse alteradas por factores independientes a la resistencia a la insulina. (33).

Teorías del índice TyG–IMC (TyG–BMI)

La utilidad del índice TyG-IMC está dada por la interacción patogénica entre las alteraciones lipídicas y glucémicas que caracterizan las fases iniciales de la resistencia a la insulina. Desde un punto de vista fisiopatológico, la hipertrigliceridemia favorece la acumulación ectópica de ácidos grasos en tejidos no adiposos, provocando la aparición de un estado de lipotoxicidad que afecta a la señalización normal de insulina. Por otra parte, la hiperglucemia crónica produce un estrés oxidativo mitocondrial y la generación de productos finales de glicación avanzada los cuales también incrementan la resistencia a la insulina a través de un cambio en las cascadas de señalización post-receptor. El índice TyG, que integra los valores de triglicéridos y glucosa en ayunas, permite recoger de forma conjunta los dos procesos patológicos antes descritos. Si además de ello se incorpora el índice de masa corporal, el marcador fundamental mejora su capacidad discriminatoria a la vez que refleja el efecto del exceso de masa corporal como potenciador del estado de ectopia lipídica y estrés

metabólico. Por lo tanto, el TyG-IMC permite obtener una mejor representación de la fisiopatología de la hiperglucemia intermedia a la vez que resuelve la capacidad diagnóstica de marcadores individuales.

Los trabajos realizados con anterioridad han observado que el índice TyG-IMC se asocia de forma inversa a la funcionalidad de las células β pancreáticas, incluso en individuos que tienen niveles de glucosa normal. Esto implica que el índice TyG-IMC no solamente es un reflejo de resistencia a la insulina, también puede ser un signo de deterioro endocrino incluso en fases tempranas. El mecanismo fisiopatológico propuesto dice que la hipertrigliceridemia crónica que se encuentra representada en el componente TyG, produce un estado de lipotoxicidad que alteran la homeostasis del retículo endoplásmico, que promueven un estado de desequilibrio del calcio intracelular y que finalmente inducen la apoptosis de las células β. La hiperglucemia activa, pues, este proceso mediante glucolipotoxicidad, en la cual existe un exceso simultáneo de glucosa y de ácidos grasos que satura la capacidad oxidativa mitocondrial y que permite la producción de especies reactivas de oxígeno que dañan incluso el ADN tanto nuclear como mitocondrial. El componente IMC del índice incorpora el impacto de la obesidad visceral, fuente importante de adipoquinas proinflamatorias como la IL-6 y el TNF-α, que mantienen un estado inflamatorio sistémico crónico y reducen la viabilidad de las células β pancreáticas (36).

Principales autores y precursores de los conceptos:

Simental et al. (37), elaboraron la idea original del índice TyG como la multiplicación simple de triglicéridos en ayuno por glucosa en ayuno. Su aporte conceptual fue el siguiente: proponer que existe información complementaria respecto

de la homeostasis glucolipídica porque dos parámetros bioquímicos de uso rutinario en el laboratorio, triglicéridos y glucosa, codifican información complementaria y en su suma pueden codificar una medida de resistencia a la insulina; y traer el argumento de que un índice así era especialmente útil en situaciones de muy baja tecnología porque no necesitaba la medición o la realización de procedimientos diagnósticos complejos. Incluyeron en su estudio razonamientos fisiopatológicos que unían el aumento de la lipólisis y el aumento de ácidos grasos libres a una disminución temprana de la sensibilidad a la insulina, con la elaboración de los fundamentos teóricos para la utilización del índice TyG, a modo de detección precoz de disglucemias.

Guerrero-Romero et al. (38), guiaron la validación fisiológica del TyG al realizar directamente la comparación con el clamp euglucémico-hiperinsulinémico, el gold standard para medir sensibilidad a insulina. Su aporte conceptual fue fortalecer la credibilidad biológica del TyG desde el momento en que demostraron que se correspondía con medidas fisiológicas de captación de glucosa; así, el TyG dejó de ser solo una curiosidad estadística para considerarse un marcador respaldado por la evidencia fisiológica. Además, ahondaron en la aplicabilidad clínica: el índice era capaz de captar los estados de resistencia a la insulina en poblaciones no obesas, además de ser capaz de predecir riesgo antes de la alteración de glucosa en ayunas o hemoglobina glicosilada. Esta validación era capaz de modificar la concepción del TyG, de ser una simple fórmula fue considerado un sustituto pragmático y fisiológicamente coherente del HOMA-IR en escenarios muy diversos.

Er et al. (39), fueron ellos los que formalizaron la integración en sí del IMC al TyG para dar pie al TyG-BMI; su aportación teórica más importante consistió en proponer que la adiposidad corporal no es solo una covariable sino un modulador fisiopatológico que amplifica la señal del TyG, donde el IMC aporta información sobre

la capacidad de almacenamiento añadido a la carga grasa total mientras que el TyG daría cuenta de la disfunción glucolipídica. Al combinar ambos, Er et al. mostraron mayor capacidad discriminatoria para resistencia a la insulina que usar por separado tyG o medidas antropométricas por separado. Con todo, el TyG-BMI, conceptualmente, es la forma práctica que unifica a los dos ejes (glucolipídico más adiposidad) ofreciendo un índice compuesto que explica de mejor forma la heterogeneidad del riesgo metabólico en una población no diabética.

Jiang et al. (16), consolidaron la idea del TyG-BMI como herramienta para la estratificación en investigaciones poblacionales. Su aportación conceptual fue situar el TyG-BMI en la práctica preventiva: no solo como marcador de la resistencia insulínica individual, sino como variable susceptible de identificar grupos de alto riesgo en programas de screening poblacional. Derivan matices sobre subgrupos (mayor efecto las mujeres, en no-obesos, en menores de 50 años), lo que reviste que la interpretación del TyG-BMI deber ser contextualizada por sexo, IMC y edad.

Wang et al. (25), el concepto fue ampliado para la predicción de diabetes incidente en muestras representativas: definen al TyG-BMI como marcador con valor pronóstico independiente para desarrollar diabetes tipo 2. Teóricamente, proponen que el TyG-BMI ejerce como marcador causal-proximal de deterioro metabólico: refleja la coexistencia de lipotoxicidad, hiperglucemia incipiente y exceso de tejido adiposo que supuestos en conjunto predisponen de forma directa a la pérdida de función β y la transición a diabetes.

Song B et al. (23), el TyG-BMI es un índice del metabolismo de la glucosa útil como predictor en diferentes grupos étnicos y contextos clínicos, pero que su desempeño depende de la edad y del estado basal de salud. Plantearon el concepto de

que los índices TyG-dependientes deben interpretarse en su contexto: un mismo valor de TyG-BMI puede corresponder a diferente riesgo dependiendo de cómo sea la distribución corporal, los perfiles lipídicos y los factores étnicos.

Han Y et al. (17), realizaron una importante aportación metodológica y de concepción teórica: la relación existente entre el TyG-BMI y el riesgo de progresión de la normoglucemia o de la prediabetes a la diabetes no es estrictamente lineal. Introdujeron la idea de umbrales de cambio por encima de los cuales es el riesgo el que pasa a comportarse de una forma diferente, lo que tiene ciertas implicaciones para la práctica: la intervención tiene que ser prioritaria en las zonas de TyG BMI donde la reducción del índice produce el cambio absoluto de menor riesgo.

Shao Y et al. (40), propusieron la idea de que el TyG-BMI también puede predecir la transición de la prediabetes hacia normoglucemia: altos valores de TyG-BMI se asocian con menor probabilidad de retroceso. Esta es una contribución práctica y clínica: el TyG-BMI no es solo un indicador de riesgo de empeoramiento sino también de riesgo de recuperación.

Valores del índice TyG–IMC (TyG-BMI)

De acuerdo con recientes evidencias en una cohorte china, existe una relación no lineal entre el TyG-BMI y el riesgo de desarrollar prediabetes: en concreto, los análisis con splines y la regresión de segmentos identificaron un punto de inflexión en torno a TyG-BMI = 200, a la izquierda del cual, cada aumento de una unidad se asocia con un incremento más acelerado en el riesgo, mientras que a la derecha el cambio en la pendiente es positivo, pero menor. Así, se observa que no hay un aumento dependiente del riesgo con el incremento del índice, sino que existen umbrales críticos que podrían tener interés clínico para identificar personas a riesgo elevado (21).

En lo que respecta a la transición entre la prediabetes y la diabetes, otro estudio longitudinal de 5 años con personas que presentaban prediabetes encontró un punto de inflexión de TyG-BMI=231,66: los aumentos por debajo de este valor se asociaban a una mayor probabilidad de progresión a diabetes, pero los aumentos análogos por encima de este valor se veían atenuados, aunque firmes. Según los autores, este índice tendría margen para realizar una intervención terapéutica o preventiva: el hecho de mantener o de disminuir el TyG-BMI hasta valores cercanos a 231,66 o inferiores conllevaría una disminución de la conversión a diabetes (17,21).

En poblaciones específicas las cifras de corte pueden ser divergentes. En un estudio peruano, el índice TyG-BMI mostró un punto de corte diagnóstico de 241,55 para resistencia a la insulina por HOMA-IR de referencia, con alta sensibilidad (92,5%) y especificidad (78,3%) en hombres. Esto pone de manifiesto que los umbrales óptimos de TyG-BMI pueden depender de la etnicidad, la distribución de grasa y el contexto poblacional (11).

2.2.2. Hiperglucemia intermedia

La hiperglucemia intermedia, también conocida como prediabetes en algunos contextos clínicos, representa una de las alteraciones metabólicas en las que los niveles de glucosa en sangre exceden los valores normales, pero no satisfacen los criterios establecidos para el diagnóstico de diabetes mellitus. Este estado incluye únicamente las dos entidades morfopatológicas de la glucosa en ayunas alterada y la intolerancia a la glucosa, considerándose ambas factores de riesgo para la progresión a diabetes tipo 2 así como también para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y microvasculares (41,42).

La hiperglucemia intermedia se describe mediante la existencia de niveles de glucosa en sangre superiores a los valores considerados normales, sin alcanzar los

criterios diagnósticos de diabetes mellitus, y que incluye a la alteración de la glucosa en ayunas e intolerancia a la glucosa identificadas mediante ciertas pruebas diagnósticas de evaluación clínica. También se contempla la hemoglobina A1c como método para determinar prediabetes, aunque no puede caracterizar los criterios o diagnóstico de los diferentes subtipos de hiperglucemia intermedia. La clasificación del diagnóstico se basa en la exclusión explícita de los criterios para diagnosticar diabetes, estableciéndose la frontera clara de este estadio metabólico dentro del marco de la disglucemia (41).

Por su parte, la OMS basa sus definiciones de hiperglucemia intermedia en los mismos criterios, aunque con alguna diferencia en la interpretación de determinados marcadores, como la hemoglobina A1c, debido a posibles interferencias y a ciertas dificultades en su estandarización, llegando incluso a apuntar que este tipo de clasificaciones se fundamentan en evidencias epidemiológicas que relacionan este estado metabólico con un mayor riesgo de recibir complicaciones microvasculares precoces, tales como la retinopatía o la nefropatía, evidenciando la importancia de la detección precoz de este estado de hiperglucemia intermedia (42,43). La hiperglucemia intermedia es el resultado de la interacción de diferentes factores tales como la resistencia a la insulina y la posible disfunción de las células beta pancreáticas; la resistencia a la insulina, que predomina en tejidos como el músculo esquelético, el hígado y el tejido adiposo, reduce la captación de glucosa mediada por GLUT4 y hace aumentar la gluconeogénesis hepática, es decir, los niveles basales de glucosa tienden a ser más elevados. Las células beta, por el contrario, presentan una secreción de insulina deficiente en fase precoz postprandial, lo que hace imposible una adecuada compensación. Entre los factores que contribuyen se encontraría la obesidad central, la inflamación crónica de bajo grado mediada por citoquinas como TNF-α e IL-6, el estrés oxidativo y las alteraciones genéticas. Los estudios longitudinales demuestran que en

torno al 70% de los sujetos con hiperglucemia intermedia padecen resistencia a la insulina medida por HOMA-IR >2,5 (41,44).

Desde el punto de vista epidemiológico, la prevalencia de hiperglucemia intermedia es elevada y en tendencia creciente. Según el Atlas de Diabetes de la Federación Internacional de Diabetes (2021), 464 millones de adultos la padecían (9,1% de la población de 20 a 79 años), y se estima que podría afectar a 548 millones de adultos en 2030 y a 638 millones en 2045. En Perú, datos del Estudio Nacional de Enfermedades No Transmisibles apuntaban a una prevalencia de prediabetes de 8,3% en adultos mayores de 30 años, siendo más elevada en zonas urbanas (Lima: 11,2%) que en áreas rurales (5,4%) (42, 45).

El riesgo de progresión a diabetes tipo 2 varía según el subtipo y factores modificables. En cohortes sin intervención, la tasa anual de conversión es del 5-10% para glucosa en ayunas alterada aislada, 10-15% para intolerancia a la glucosa aislada y hasta 15-20% cuando ambos coexisten. El ensayo Diabetes Prevention Program demostró que intervenciones intensivas en estilo de vida reducen la incidencia en un 58% a 3 años, mientras que metformina logra una reducción del 31%. Seguimientos a largo plazo confirman una reducción sostenida del 27-34% con estilo de vida (43,46).

Clínicamente, la detección se recomienda en adultos ≥35 años o ≥18 años con factores de riesgo. El manejo prioriza modificaciones no farmacológicas; farmacoterapia se considera en HbA1c ≥6,0%, múltiples factores de riesgo o progresión documentada (41,47).

Teorías sobre la Hiperglucemia Intermedia

En la fisiopatología de la hiperglucemia intermedia, uno de los modelos centrales es la resistencia a la insulina, propuesto por Gerald M. Reaven en su

descripción del llamado "síndrome X". Reaven planteó que muchas personas con niveles elevados de glucosa, pero sin diabetes franca, tienen una disminución de la acción de la insulina en los tejidos periféricos, lo que obliga al páncreas a secretar más insulina para compensar. Esta hiperinsulinemia compensadora puede mantener la glucemia en rangos intermedios durante un tiempo, pero con el tiempo conduce a disfunción de las células beta y progresión hacia la diabetes tipo 2 (48).

Otra teoría importante es el ciclo de Randle, desarrollado originalmente por Philip J. Randle y colaboradores en la década de 1960. Ellos propusieron que los ácidos grasos libres compiten con la glucosa para su oxidación en el músculo, de tal forma que cuando hay gran disponibilidad de lípidos, se inhibe el uso de glucosa. Este mecanismo metabólico podría contribuir a la resistencia a la insulina y, por ende, a la hiperglucemia intermedia (49)

Sin embargo, con los avances posteriores, se ha ampliado el entendimiento: investigadores como Gerald I. Shulman han mostrado que la resistencia a la insulina inducida por lípidos no solo se explica por competencia de sustratos, sino también por señales moleculares. El grupo de Shulman demostró que metabolitos lipídicos (como el diacilglicerol) se acumulan en la membrana celular y activan isoformas de la proteína quinasa C, lo que interfiere con la vía de señalización de la insulina y reduce su capacidad para estimular la captación de glucosa (50).

Además, la exposición crónica a niveles ligeramente altos de glucosa genera glucotoxicidad, un fenómeno mediante el cual las células beta del páncreas sufren estrés por especies reactivas de oxígeno y otros mediadores inflamatorios. Este daño celular contribuye a la pérdida progresiva de la función secretora de insulina, lo que agrava aún más la hiperglucemia intermedia. (51).

Valores de Hiperglucemia Intermedia

La hiperglucemia intermedia representa una etapa en la que los niveles de glucosa en sangre superan los valores considerados normales, pero no alcanzan los umbrales establecidos para el diagnóstico de diabetes mellitus. Esta condición se utiliza para identificar a individuos con riesgo elevado de desarrollar diabetes tipo 2 y complicaciones cardiovasculares (52,53).

De acuerdo con los criterios de la OMS, la glucosa en ayunas alterada se define por un nivel de glucosa plasmática en ayunas que oscila entre 110 mg/dL (6,1 mmol/L) y 125 mg/dL (6,9 mmol/L), mientras que la intolerancia a la glucosa se identifica mediante un valor de glucosa plasmática dos horas después de una prueba de tolerancia oral a la glucosa entre 140 mg/dL (7,8 mmol/L) y 199 mg/dL (11,0 mmol/L). La Federación Internacional de Diabetes ha adoptado estos umbrales en sus directrices globales. (54-56).

Por su parte, la American Diabetes Association propone un rango más amplio para la glucosa en ayunas alterada, estableciéndolo entre 100 mg/dL (5,6 mmol/L) y 125 mg/dL (6,9 mmol/L), con los mismos valores para la intolerancia a la glucosa que la OMS. Además, la ADA incorpora el uso de la hemoglobina glicosilada en un rango de 5,7% a 6,4% como criterio adicional. Recientemente, la Federación Internacional de Diabetes ha introducido consideraciones adicionales, como el uso de la glucosa plasmática a una hora postcarga mayor o igual a 155 mg/dL (8,6 mmol/L) como indicador de hiperglucemia intermedia (57-58).

2.3. Formulación de hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

H1: El índice TyG-IMC presenta capacidad diagnóstica adecuada para detectar hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, evidenciada por un área bajo la curva ROC > 0,70.

H0: El índice TyG-IMC no presenta capacidad diagnóstica adecuada para detectar hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, evidenciada por un área bajo la curva ROC ≤ 0,70.

2.3.2. Hipótesis específicas

H1: Se identifica un punto de corte óptimo del índice TyG–IMC que maximiza el índice de Youden para la detección de hiperglucemia intermedia.

H01: No se identifica un punto de corte óptimo del índice TyG–IMC que maximice el índice de Youden para la detección de hiperglucemia intermedia.

H2: El índice TyG-IMC presenta sensibilidad ≥ 70% y especificidad ≥ 70% frente al diagnóstico bioquímico de referencia.

H02: El índice TyG-IMC presenta sensibilidad < 70% o especificidad < 70% frente al diagnóstico bioquímico de referencia.

H3: El índice TyG-IMC muestra valores predictivos positivos y negativos diferenciados que permitan su aplicación como herramienta de tamizaje en trabajadores de una clínica ocupacional.

H03: El índice TyG-IMC no muestra valores predictivos positivos y negativos diferenciados que permitan su aplicación como herramienta de tamizaje en trabajadores de una clínica ocupacional.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, orientado al análisis de datos numéricos provenientes de mediciones bioquímicas y antropométricas preexistentes en registros clínicos. Esta aproximación resultó apropiada para estimar estadísticamente el rendimiento del índice TyG-IMC, mediante procedimientos objetivos y replicables que permiten cuantificar la precisión diagnóstica del marcador en la población estudiada (61).

3.2. Tipo de la investigación

La investigación fue de tipo observacional, analítica y retrospectiva. Resultó observacional porque no existió intervención del investigador sobre las variables ni manipulación experimental; analítica porque comparó grupos con y sin glucosa en ayunas alterada mediante procedimientos de clasificación diagnóstica; y retrospectiva debido a que utilizó registros clínicos ya existentes, generados con anterioridad al inicio del estudio durante evaluaciones médicas ocupacionales rutinarias (62).

3.3. Nivel de la investigación

El estudio se desarrolló a nivel descriptivo-diagnóstico, al caracterizar la distribución del índice TyG-IMC en la muestra y permitir estimar la capacidad diagnóstica para identificar glucosa en ayunas alterada, utilizada como criterio operativo de hiperglucemia intermedia.

3.4. Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño de casos y controles retrospectivo, ampliamente empleado para evaluar la capacidad discriminativa de marcadores diagnósticos en condiciones de salud. Los casos estuvieron compuestos por trabajadores con glucosa en ayunas entre

100-125 mg/dL, mientras que los controles estuvieron compuestos por trabajadores con valores glucémicos normales (<100 mg/dL), seleccionados en proporción 1:2 entre casos y controles. Este diseño permitió estimar la capacidad discriminativa del índice mediante análisis de curva ROC, sensibilidad, especificidad y valores predictivos, aunque con la limitación inherente de que los valores predictivos calculados no reflejan la prevalencia real poblacional debido a la selección artificial de la muestra (63).

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población estuvo compuesta por todos los trabajadores evaluados en una clínica ocupacional de Lima durante el año 2025, que cumplieron con los criterios de elegibilidad del estudio.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 300 participantes: 100 casos y 200 controles, manteniendo una proporción 1:2. El tamaño se definió considerando recomendaciones metodológicas para estudios de clasificación diagnóstica, que sugieren un mínimo de 100 casos para estimar parámetros de curva ROC con precisión adecuada (62).

3.5.3. Muestreo

Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, utilizando los registros clínicos disponibles que cumplían con los criterios de inclusión. Este método resultó apropiado dado el carácter retrospectivo del estudio y la disponibilidad de datos secundarios (60).

Criterios de inclusión

- Trabajadores de 18 a 65 años evaluados en la clínica ocupacional durante el año 2025
- Registro completo de glucosa en ayunas, triglicéridos, peso y talla
- Ayuno documentado de 8-12 horas antes de la toma de muestra
- Para casos: glucosa en ayunas entre 100-125 mg/dL (criterio ADA 2025)
- Para controles: glucosa en ayunas <100 mg/dL

Criterios de exclusión

- Diagnóstico previo de diabetes mellitus tipo 1 o 2, o uso de fármacos que alteren glucosa o lípidos (identificados mediante revisión de la sección de antecedentes y medicación de la historia clínica)
- Gestantes o mujeres en lactancia (registrado en historia clínica)
- Enfermedades endocrinas o metabólicas que modifiquen la glucosa (hipotiroidismo no controlado, síndrome de Cushing, identificados mediante diagnósticos registrados)
- Consumo reciente de alcohol o ayuno inadecuado que invalide la muestra (registrado en observaciones del laboratorio)
- Registros clínicos incompletos o con datos inconsistentes

3.6. Variables y Operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Hiperglucemia intermedia (Variable dependiente)	Estado metabólico caracterizado por niveles elevados de glucosa sin llegar a valores diagnósticos de diabetes; incluye glucosa basal alterada.	Glucosa en ayunas entre 100–125 mg/dL, registrada en la historia clínica, según criterios ADA 2025.	Glucemia en ayunas	Glucosa en ayunas: **Valor en mg/dL**	Cuantitativa continua
			Clasificación metabólica	**Normoglucemia:** <100 mg/dL	Nominal dicotómica
				Glucosa en ayunas alterada: 100–125 mg/dL	
				Diabetes (excluida): ≥126 mg/dL	
Índice TyG–IMC (Variable independiente principal)	Índice metabólico derivado del producto entre TyG y el IMC; marcador sustituto de resistencia a la insulina y predictor de disglucemia.	Se calcula mediante: **TyG–IMC = TyG × IMC**. **TyG = Ln [TG (mg/dL) × Glucosa (mg/dL) /2]**; **IMC = peso/talla² (kg/m²)**.	Componente glucémico-lipídico (TyG)	**Fórmula:** Ln [TG (mg/dL) × Glucosa (mg/dL) /2]	Cuantitativa continua
			Componente antropométrico (IMC)	**Fórmula:** Peso (kg) / Talla² (m²)	Cuantitativa continua
			Índice combinado	**Valor final de TyG–IMC:**	Cuantitativa continua
				• **Bajo riesgo:** <200	
				• **Riesgo moderado:** 200–230	
				• **Riesgo alto:** >230	

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnica

Se empleó la técnica de análisis documental, basada en la revisión sistemática de registros clínicos y resultados de laboratorio obtenidos durante las evaluaciones médicas ocupacionales del año 2025. Este procedimiento permitió extraer datos objetivos previamente registrados, sin intervenir en los procesos clínicos ni en la toma de las mediciones originales.

3.7.2. Descripción de los instrumentos

Para la recolección de información se elaboró una ficha de recolección de datos diseñada específicamente para este estudio, cuyo propósito fue organizar de forma sistemática los valores bioquímicos y antropométricos de los participantes. Esta ficha permitió consignar la glucosa en ayunas, los triglicéridos, el peso, la talla, el índice de masa corporal, así como los valores calculados del índice TyG y del índice TyG-IMC.

3.7.3. Validación

Teniendo en cuenta que la ficha de recolección de datos es un instrumento extractivo de variables objetivas previamente estandarizadas (mediciones de laboratorio y antropometría), no hace falta la validación de contenido en la forma bizca de lo habitual en psicometría, sino que se definió un protocolo de estandarización de extracción que incorpora la definición operativa de cada variable, la revisión de consistencia de los registros y la verificación cruzada de una muestra piloto de historias clínicas.

3.7.4. Confiabilidad

La fiabilidad de los datos se fundamentó en dos fuentes. La primera fuente fueron las determinaciones bioquímicas de glucosa y triglicéridos realizadas en un laboratorio clínico que operaba de acuerdo con métodos validados y controles de calidad internos y externos, garantizando la estabilidad y reproducibilidad de los resultados. El segundo sistema de fiabilidad estaba dado por el rellenado de la ficha de recolección, que fue evaluado en un estudio piloto en 30 historias clínicas (10% de la

muestra), comprobando la uniformidad en el registro de las misma entre dos evaluadores independientes. El coeficiente Kappa y el coeficiente de correlación intraclase (ICC) fueron calculados para las variables categóricas (clasificación glucémica) y para las variables continuas (valores de TyG-IMC). Los coeficientes resultaron ser Kappa=0,94 (IC 95%: 0,87-1,00) e ICC=0,98 (IC 95%: 0,96-0,99), mostrando una excelente concordancia inter evaluadores.

3.8. Procesamiento y análisis de datos

El análisis de los datos se inició con el proceso de digitación, depuración y verificación de la información registrada en las historias clínicas, utilizando el software Microsoft Excel 2019. Posteriormente, se calcularon los índices metabólicos necesarios, incluyendo el TyG y el TyG-IMC, de acuerdo con las fórmulas establecidas. Se verificaron valores atípicos mediante el método del rango intercuartílico y se evaluó la normalidad de las distribuciones mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

El análisis descriptivo caracterizó a la población mediante medias y desviaciones estándar para las variables con distribución normal, o medianas y rangos intercuartílicos para las variables sin distribución normal. Las variables categóricas se describieron mediante frecuencias absolutas y relativas.

Para evaluar la capacidad diagnóstica del índice TyG-IMC se construyó la curva ROC y se calculó el área bajo la curva con su respectivo intervalo de confianza del 95 %. El punto de corte óptimo se determinó mediante la maximización del índice de Youden. A partir del punto de corte seleccionado, se calcularon la sensibilidad, la especificidad, el valor predictivo positivo, el valor predictivo negativo y la exactitud diagnóstica. El análisis estadístico se realizó mediante el software IBM SPSS Statistics versión 26.

3.9. Aspectos éticos

El examen cumplió con los principios éticos recogidos en la Declaración de Helsinki y las disposiciones legales peruanas, como la Ley N° 29733 de Protección de Datos Personales. Como el trabajo realizado era una investigación documental sobre historias clínicas ya registradas, no había un riesgo para los trabajadores y se procedió con información anónima mediante códigos alfanuméricos, sin poder identificar a las personas. Los datos fueron guardados en un entorno seguro con acceso restringido y protegidos mediante contraseña en el ordenador del investigador responsable.

De acuerdo con el Código de Ética de la Universidad Privada Norbert Wiener, el proyecto fue respetuoso de las normas de integridad académica, veracidad en el tratamiento de datos, rigor metodológico y uso responsable de datos clínicos, asegurando que los registros originales no fueron alterados ni modificados.

Finalmente, fue previamente solicitada la autorización por la institución en la que se realizó el estudio para el acceso y uso de los registros clínicos, respetando la confidencialidad de la información y los fines académicos de la investigación..

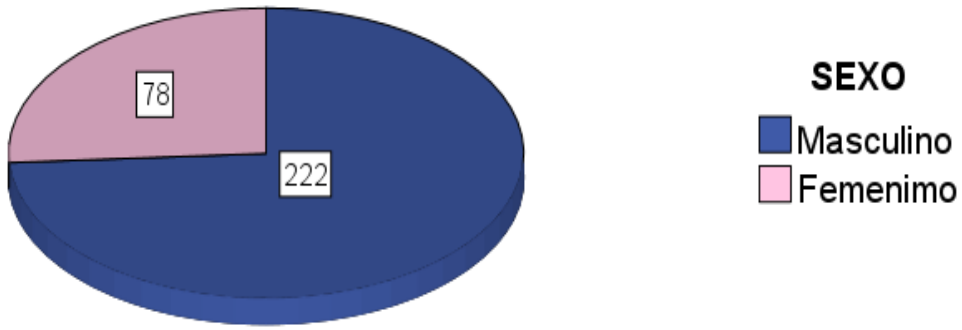
Debido al carácter retrospectivo de la investigación y al uso de datos anonimizados preexistentes, no se realizó contacto directo con los trabajadores ni se aplicaron intervenciones sobre ellos. El estudio se inició únicamente después de obtener la aprobación ética correspondiente del Comité Institucional de Ética e Integridad Científica de la Universidad Privada Norbert Wiener.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados

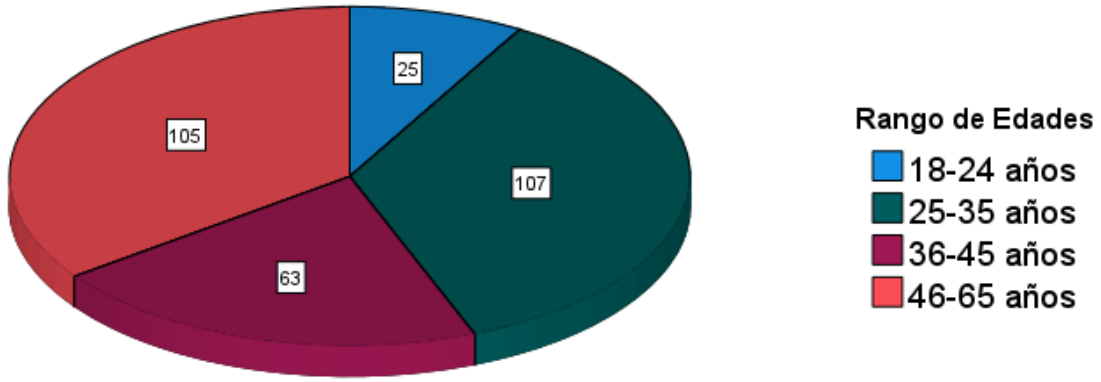
4.1.1 Análisis descriptivo de resultados

Gráfico 1 *Análisis descriptivo según sexo*



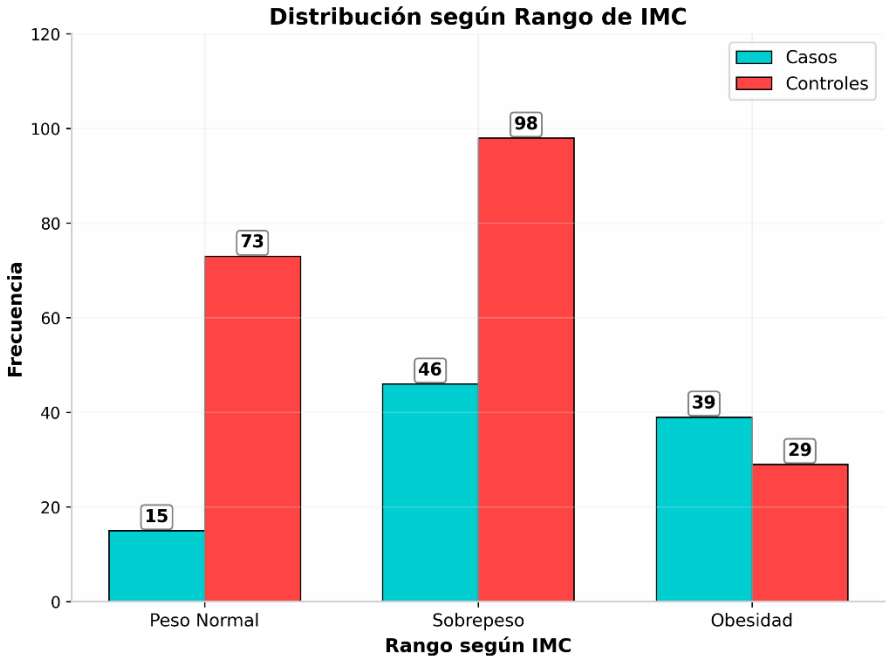
El Gráfico 1, muestra la distribución de los 300 participantes según sexo. En primer lugar, la porción coloreada de azul, corresponde al sexo masculino y abarca exactamente 222 individuos; además, esta cifra equivale al 74 % del total. En contraste, la sección más pequeña (rosa), corresponde al sexo femenino y comprende 78 personas, lo que representa el 26 % restante. De esta manera, se evidencia una clara predominancia del sexo masculino, puesto que más de las tres cuartas partes de la muestra pertenecen a este grupo, mientras que el sexo femenino constituye apenas un poco más de la cuarta parte. Por consiguiente, el gráfico revela una distribución desigual entre ambos sexos, con una marcada mayoría masculina que supera en casi tres veces al número de participantes femeninas.

Gráfico 2 *Análisis descriptivo según rango de edades*



En el Gráfico 2, correspondiente al análisis descriptivo según rango de edades, se observa que la población del estudio presenta una mayor concentración en los grupos etarios intermedios y superiores. Del total de 300 trabajadores evaluados, el grupo de 25 a 35 años constituye el segmento más numeroso, con 107 participantes, lo que representa el 35,7% de la muestra. Muy próximo a este se encuentra el grupo de 46 a 65 años, con 105 trabajadores, equivalente al 35,0%. Por otro lado, el grupo de 36 a 45 años está conformado por 63 participantes, lo que corresponde al 21,0% del total. En contraste, el grupo de 18 a 24 años presenta la menor representación, con 25 trabajadores, alcanzando únicamente el 8,3% de la muestra. En conjunto, estos resultados muestran que más del 70% de los participantes se concentra entre los 25 y 65 años, lo que indica una población predominantemente adulta, en plena etapa productiva laboral. Asimismo, la baja proporción de trabajadores jóvenes podría estar relacionada con las características del entorno ocupacional evaluado, donde se requiere experiencia o estabilidad laboral. Desde una perspectiva epidemiológica, esta distribución etaria resulta relevante, ya que la edad constituye un factor asociado al riesgo de alteraciones metabólicas, incluida la hiperglucemia intermedia.

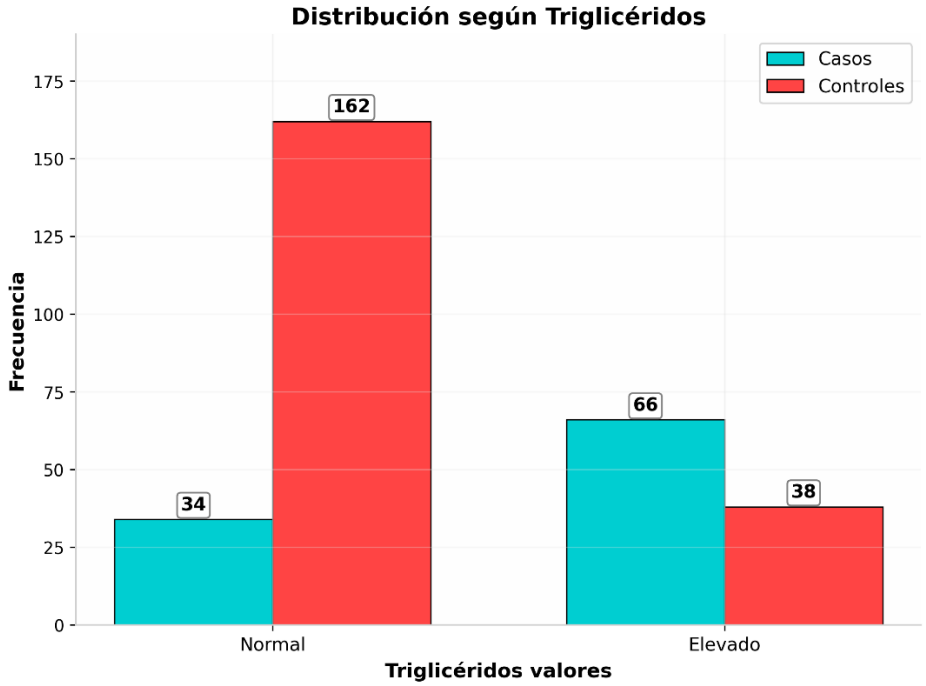
Gráfico 3 *Análisis descriptivo por rango según el IMC*



En el Gráfico 3, correspondiente al análisis descriptivo del índice de masa corporal (IMC), se observa la distribución de los participantes según las categorías de peso normal, sobrepeso y obesidad en los grupos de casos y controles. En el grupo de casos, la mayor frecuencia se concentra en la categoría de sobrepeso, con 46 participantes; le sigue la categoría de obesidad, con 39 participantes, mientras que el peso normal registra la menor frecuencia, con 15 participantes. Estos resultados evidencian que, entre los trabajadores con hiperglucemia intermedia, predomina el exceso de peso (sobrepeso y obesidad combinados). Por otro lado, en el grupo de controles, también se identifica una mayor frecuencia de sobrepeso, con 98 participantes; sin embargo, el peso normal ocupa el segundo lugar, con 73 participantes, y la obesidad presenta la menor frecuencia, con 29 participantes. Al comparar ambos grupos, se aprecia que los controles presentan un mayor número absoluto de participantes en las categorías de peso normal y sobrepeso, mientras que los casos concentran una frecuencia superior en la categoría de obesidad en términos comparativos de su propia distribución. Esta distribución resulta relevante porque el índice TyG–IMC incorpora el IMC como componente

antropométrico para estimar el riesgo metabólico. En conjunto, los hallazgos muestran una proporción importante de trabajadores con exceso de peso en ambos grupos, lo que refuerza la necesidad de evaluar indicadores metabólicos combinados en el contexto ocupacional, considerando que la adiposidad se relaciona con alteraciones en la sensibilidad a la insulina y con un mayor riesgo de disglucemia.

Gráfico 4 *Análisis descriptivo de Triglicéridos según la muestra*



En el Gráfico 4, correspondiente al análisis descriptivo de los niveles de triglicéridos según la muestra, se observa una distribución diferenciada entre los grupos de casos y controles en las categorías de valores normales y elevados. En primer lugar, dentro del grupo de casos, la mayoría de los participantes presenta niveles de triglicéridos en rango elevado, con 66 trabajadores. En contraste, 34 casos muestran valores normales. Esta distribución indica que, entre los trabajadores clasificados como casos, predomina la presencia de hipertrigliceridemia, lo cual es concordante con el perfil de riesgo estudiado. Por otro lado, en el grupo de controles, se evidencia un comportamiento distinto. En esta categoría, predominan ampliamente los

valores normales, con 162 participantes, mientras que solo 38 presentan niveles elevados. Es decir, en los controles la proporción de normotrigliceridemia es significativamente mayor que la de valores elevados. Asimismo, al comparar ambos grupos, se observa que los controles concentran un mayor número absoluto de participantes con triglicéridos normales; sin embargo, los casos presentan una mayor frecuencia de valores elevados en comparación con los controles. Esta diferencia en la distribución resulta relevante, dado que los triglicéridos constituyen uno de los componentes fundamentales para el cálculo del índice TyG, el cual integra glucosa y triglicéridos como marcadores indirectos de resistencia a la insulina. En consecuencia, la variabilidad observada en los niveles de triglicéridos entre casos y controles podría influir directamente en la capacidad discriminativa del índice TyG–IMC para la detección de hiperglucemia intermedia en la población trabajadora evaluada, lo que refuerza la importancia de analizar su comportamiento en el contexto específico del estudio.

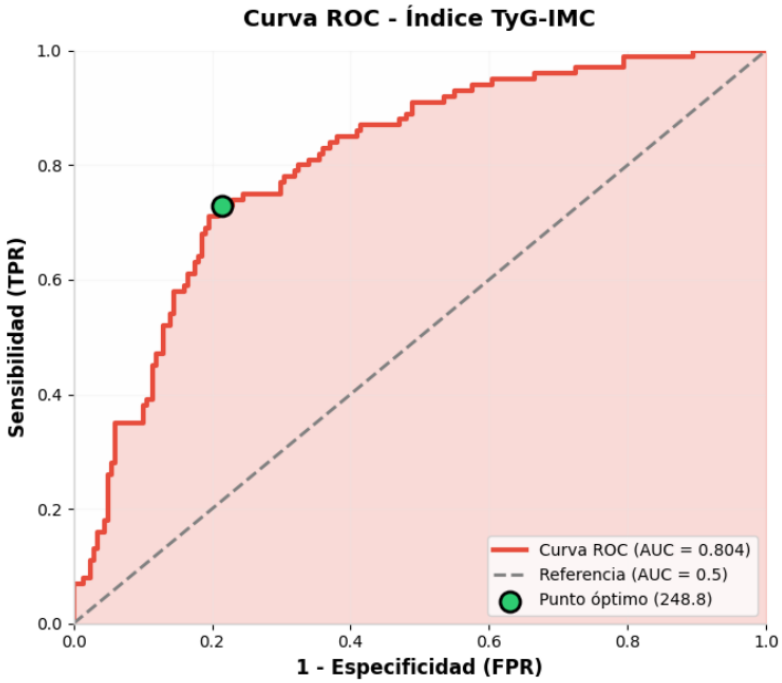
4.1.2 Prueba de hipótesis

Hipótesis general

H1: El índice TyG–IMC tiene una capacidad diagnóstica adecuada para detectar hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, evidenciada por un área bajo la curva ROC > 0,70.

H0: El índice TyG–IMC no tiene una capacidad diagnóstica adecuada para detectar hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, evidenciada por un área bajo la curva ROC ≤ 0,70.

Gráfico 5 *Análisis inferencial Curva de ROC*



En el Gráfico 5 se presenta la curva ROC del índice TyG–IMC para la detección de hiperglucemia intermedia en la población trabajadora evaluada. El área bajo la curva de 0,804 (IC 95%: 0,752-0,856) refleja la capacidad discriminativa adecuada del índice TyG-IMC que se aproxima a la delimitación de 0,80 que, a criterio de la literatura, indica un buen rendimiento. Además, este dato es similar numéricamente a lo que esgrimió Wang et al. (2021) en muestra de la población china general con AUC de 0,774 para predicción de diabetes incidente, lo que indicaría cierta consistencia Inter poblacional del marcador. Sin embargo, si lo confrontamos con Vera-Ponce et al. (2023) en población peruana del estudio PERU MIGRANT donde obtuvieron AUC de 0,85 en hombres y 0,81 en mujeres para resistencia a la insulina, el presente estudio tiene un AUC algo menor, que podría estar asociado al que el criterio de referencia utilizado en la población peruana fue diferente (resistencia a la insulina versus glucosa en ayunas alterada) y que la población del estudio PERU MIGRANT fue mayor en cuanto a morbilidad, incluyendo áreas rurales, urbanas y migrantes; mientras que el presente estudio

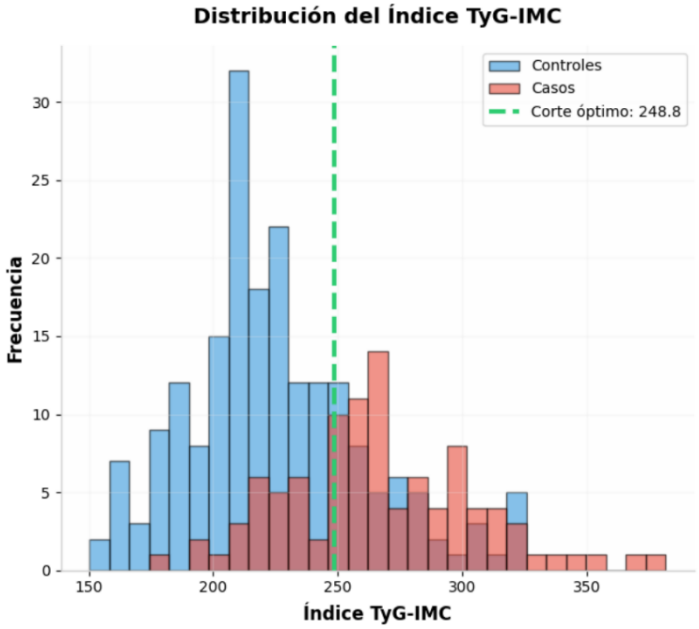
quedó circunscrito a tan solo aquellos trabajadores formales de Lima, expuestos a otro tipo de cargas ocupacionales.

Hipótesis específicas 1:

H1: Se identifica un punto de corte óptimo del índice TyG–IMC que maximiza el índice de Youden para la detección de hiperglucemia intermedia.

H01: No se identifica un punto de corte óptimo del índice TyG–IMC que maximice el índice de Youden para la detección de hiperglucemia intermedia.

Gráfico 6 *Análisis inferencial Índice TyG-IMC*



En el Gráfico 6 se presenta la distribución del índice TyG–IMC en los grupos de casos y controles, así como el punto de corte óptimo previamente identificado (248,8). El punto de corte de 248,8 identificado en esta muestra resulta considerablemente superior a los reportados en poblaciones asiáticas: Wang et al. (2021) establecieron 213,3 para predicción de diabetes en población china general; Yang et al. (2024) identificaron entre 214-220 para progresión desde prediabetes; y Feng et al. (2025) reportaron punto de inflexión alrededor de 200 para

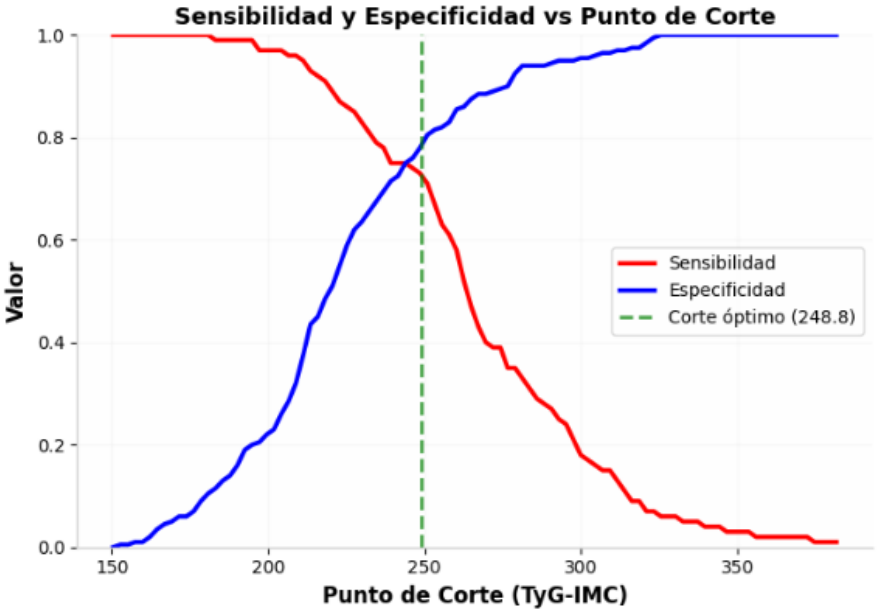
prediabetes. Esta elevación del punto de corte en la muestra limeña puede explicarse por características étnicas en la distribución de adiposidad (poblaciones latinoamericanas presentan mayor adiposidad a igual IMC que asiáticas), patrones metabólicos particulares, y factores ocupacionales específicos como sedentarismo laboral, estrés crónico y turnos nocturnos que modifican la fisiopatología de la resistencia a la insulina. La composición de la muestra, con predominio masculino del 74% y concentración en grupos etarios de 25-65 años, también contribuye a esta variabilidad.

Hipótesis específicas 2:

H2: El índice TyG-IMC presenta sensibilidad ≥ 70 % y especificidad ≥ 70 % frente al diagnóstico bioquímico de referencia.

H02: El índice TyG-IMC presenta sensibilidad < 70 % o especificidad < 70 % frente al diagnóstico bioquímico de referencia.

Gráfico 7 *Análisis inferencial sensibilidad y especificidad*

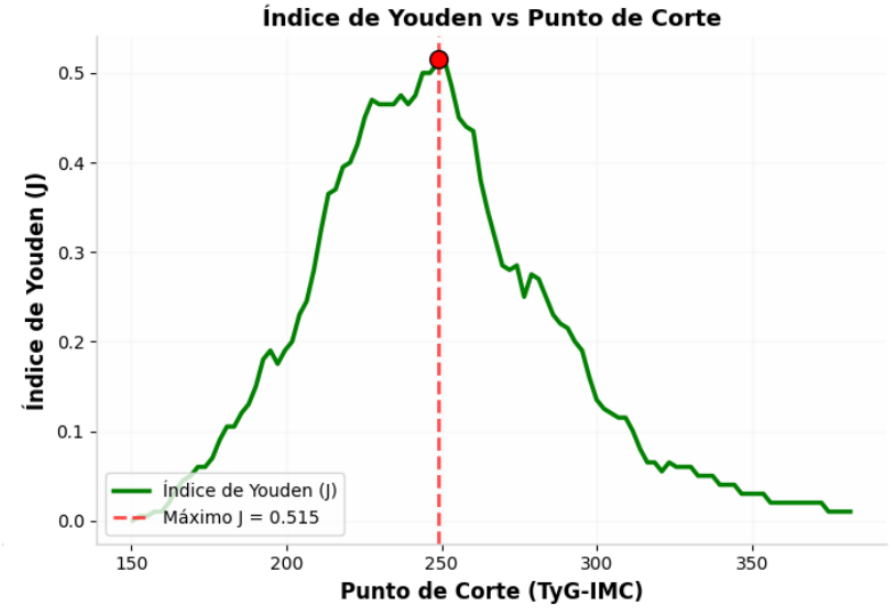


En el Gráfico 7 se muestra el comportamiento de la sensibilidad y la especificidad del índice TyG–IMC en función de los diferentes puntos de corte evaluados. La sensibilidad del 73% implica que aproximadamente tres de cada cuatro trabajadores con glucosa en ayunas alterada fueron correctamente identificados, pero uno de cada cuatro casos permaneció sin detectar. Esta tasa de falsos negativos del 27% plantea preocupaciones desde la perspectiva de salud pública ocupacional, pues los trabajadores no identificados continuarán expuestos a progresión hacia diabetes sin intervención preventiva. Comparativamente, Song et al. (2022) reportaron sensibilidad del 72,51% en población japonesa, por lo cual la investigación peruana muestra sensibilidad similar.

La especificidad del 78,5% nos indica que aproximadamente cuatro de cada cinco trabajadores sin glucosa en ayunas alterada fueron correctamente clasificados, aunque el 21,5 % restante corresponde a falsos positivos que serán sometidos a nuevas evaluaciones. Debido a esto, podemos considerar el TyG-IMC como un marcador más útil para descartar que para confirmar la condición.

El elevado valor predictivo negativo (85,33%) constituye el principal hallazgo desde la perspectiva clínica: en el momento en el que el índice clasifica negativo a un trabajador podemos ir confirmando que, a partir de aquí, hay una buena probabilidad de que efectivamente no presente la alteración. Esta capacidad optimiza la asignación de recursos en clínicas ocupacionales en las que la demanda es elevada. Sin embargo, el valor predictivo positivo moderado (62,93%) y el hecho de que estos valores dependen de la prevalencia artificial de la muestra (33,3% de casos en comparación con ~15% esperado en una población real) debe ser interpretado con cautela: en un programa de tamizaje real, el valor predictivo positivo caería, probablemente por debajo del 50% de pacientes positivos.

Gráfico 8 *Análisis inferencial Índice de Youden vs Punto de Corte*



En el Gráfico 8 se presenta la relación que existe entre el índice de Youden (J) y los diferentes puntos de corte del índice TyG-IMC hasta encontrar el valor que permita simultáneamente obtener la máxima sensibilidad y especificidad. El índice de Youden se determina mediante la expresión J = Sensibilidad + Especificidad – 1 y el correspondiente valor máximo proporciona el equilibrio entre ambas. En gráfica, se puede observar la tendencia ascendente del índice de Youden en la medida que el punto de corte se incrementa desde valores bajos, mejorando de forma progresiva el diagnóstico que se pueda obtener. Además, el índice de Youden alcanza ese máximo en el orden de 248-250 para un J máximo de 0,515, lo que indicaría que en ese punto se da la máxima capacidad global del índice TyG-IMC para discriminar en el intervalo en el cual se ha consideraron los resultados. Finalmente, el índice de Youden empieza a disminuir de forma progresiva conforme el punto de corte continúa aumentando. Tal comportamiento pone de manifiesto que, aun cuando la especificidad continúa siendo muy alta respecto de los valores elevados del umbral, la disminución de la sensibilidad sobrepasa el beneficio que se extrae de la misma, produciendo una reducción del rendimiento global. Así pues, el análisis demuestra que el punto de corte cercano a 248,8,

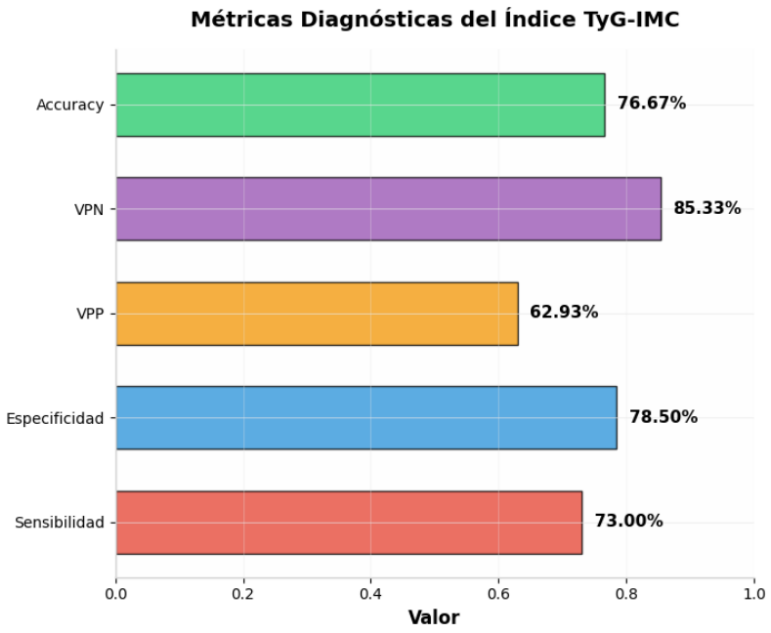
coincide con el umbral más exitoso para la detección de la hiperglucemia intermedia del grupo estudiado al ser aquél que hace maximizar el equilibrio de los verdaderos positivos y de los verdaderos negativos. Así, los resultados muestran que el índice TyG–IMC tiene un buen rendimiento diagnóstico, así lo demuestra la curva ROC al igual que el valor máximo del índice de Youden, que refuerza su utilidad como soporte en el contexto ocupacional evaluado.

Hipótesis específicas 3:

H3: El índice TyG–IMC muestra valores predictivos positivos y negativos diferenciados que permitan su aplicación como herramienta de tamizaje en trabajadores de una clínica ocupacional.

H03: El índice TyG–IMC no muestra valores predictivos positivos y negativos diferenciados que permitan su aplicación como herramienta de tamizaje en trabajadores de una clínica ocupacional.

Gráfico 9 *Análisis inferencial del valor predictivo y negativo*



Gracias al Gráfico 9 se exponen las principales métricas diagnósticas del índice TyG–IMC en la detección de glucosa en ayunas alterada, entendiendo el punto de corte previamente establecido, pues el índice TyG-IMC analizado es útil también en el contexto ocupacional, en especial para la identificación de trabajadores con un bajo riesgo de glucosa en ayunas alterada considerando su alto valor predictivo negativo; pero las limitaciones del diseño deben ser declaradas: el muestreo no probabilístico por conveniencia, la selección artificial de casos y controles en proporciones fijas y la dependencia de registros clínicos pre-existentes con potencial variabilidad en la calidad de los datos limitan la generalizabilidad de los resultados del estudio y, además, el estudio sólo se ha centrado en glucosa en ayunas alterada, no en el espectro completo de hiperglucemia intermedia (esta comprenda la intolerancia a la glucosa y los niveles alterados de HbA1C).

Distinguir unos antecedentes de otros abordando en primer lugar los estudios comparables de los no comparables entre sí, presenta el hecho de que, tanto los trabajos de Vera-Ponce et al. (2023) y Poma (2022) son metodológicamente más afines, al evaluar poblaciones peruanas mediante diseños de prueba diagnóstica, hasta los estudios asiáticos dentro de la predicción de diabetes incidente (Wang, Song, Yang) que abordan outcomes, pero no permiten una comparabilidad directa del cálculo de sus métricas diagnósticas..

4.1.3 Discusión de resultados

La investigación aquí presentada se interesa por evaluar la capacidad diagnóstica, o el desempeño del índice TyG-IMC para la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional ubicada en Lima, Perú en el año 2025. Los resultados obtenidos permiten analizar las hipótesis planteadas frente a la literatura científica existente, encontrando tanto coincidencias como disparidades metodológicas y poblacionales respecto con trabajos anteriores.

Con relación a la hipótesis general que afirmaba que el índice TyG-IMC tendría una capacidad diagnóstica aceptable para detectar hiperglucemia intermedia, disfrutándose de un área bajo la curva ROC superior a 0,70, los resultados respaldaron esta afirmación. El análisis de la curva ROC mostró un área bajo la curva de 0,804 que superaba el umbral aceptado de 0,70 y se ubicaba relativamente cerca del tope de 0,80 que, en la literatura especializada, se considera como indicativo de buen desempeño diagnóstico. Este valor se acercó numéricamente a lo publicado por Wang et al., el que reportó un AUC de 0,774 en una población china general para la predicción de diabetes incidente, lo cual indica que el TyG-IMC no ha perdido un rendimiento suficientemente comparable a otros trabajos en diferentes poblaciones. Sin embargo, si lo comparamos con el trabajo de Song et al. en una población japonesa, donde el AUC fue de 0,77 para el que la sensibilidad alcanzó el 0,72 y la especificidad el 0,71 para la predicción de diabetes tipo 2, la investigación peruana en la actualidad muestra un AUC ligeramente superior, resultado que podría explicarse con el tipo de desenlace evaluado, pues el presente trabajo evaluó hiperglucemia intermedia o prediabetes y los trabajos asiáticos presentaron diabetes.

La principal discrepancia se observa al comparar los datos que se presentan aquí con los obtenidos en un trabajo de Vera-Ponce et al. en población peruana del estudio PERU MIGRANT, donde se obtuvo un AUC de 0,85 en hombres y 0,81 en mujeres para detectar resistencia a la insulina como criterio de referencia mediante HOMA-IR. Esta investigación, aunque se ha realizado en un país similar, obteniendo datos muy parecidos, alcanzó un AUC inferior (0,804), diferencia que se puede atribuir a múltiples razones, todas ellas de tipo metodológico. En primer lugar, el criterio de referencia utilizado es diferente en ambos trabajos, ya que Vera-Ponce et al. utilizaron resistencia a la insulina en el criterio de referencia mientras que el presente estudio considera como desenlace la hiperglucemia intermedia. En segundo lugar, la población de Vera-Ponce et al. incluye una población de zonas urbanas,

rurales y migrantes, mientras que el presente estudio son solo trabajadores formales de la ciudad de Lima. En tercer lugar, las características propias de la población trabajadora del presente trabajo (exposición a factores ocupacionales como el sedentarismo laboral o el trabajo por turnos) pueden alterar la relación entre el índice y la condición metabólica de forma diferente.

Desde una perspectiva teórica, el AUC de 0,804 respalda la conceptualización del TyG-IMC como un marcador compuesto que integra la disfunción glucolipídica y la adiposidad, reflejando así la fisiopatología de la resistencia a la insulina. Sin embargo, pese a que el AUC de 0,804 evidenció una buena capacidad discriminativa, el índice no alcanza la discriminación perfecta entre trabajadores que tienen o no hiper glucemia intermedia. En ese sentido, la imperfección diagnóstica es esperable en los marcadores indirectos de resistencia a la insulina, ya que el clamp euglucémico-hiperinsulinémico es considerado el método de referencia por su mayor precisión, si bien resulta poco práctico en la práctica clínica rutinaria. La práctica clínica ocupacional demanda herramientas equilibradas en cuanto a precisión y factibilidad, de donde el AUC obtenido posiciona al TyG-IMC como una alternativa viable aunque sin asegurar la confianza diagnóstico-absoluta. Los profesionales de la salud ocupacional deberían tomar la interpretación de los resultados del índice como elementos de estratificación de riesgo y no como diagnósticos absolutos, distinción conceptual relevante para evitar tomar decisiones clínicas inadecuadas basadas solo en el valor numérico del índice.

En la primera hipótesis específica se afirmaba que sería posible identificar un punto de corte óptimo del índice TyG-IMC que maximizaría el índice de Youden para poder detectar la hiperglucemia intermedia. En esta línea, el análisis comprobó la hipótesis antes mencionada cuando se identificó que dicha puntuación se establecía en 248,8, siendo esta precisamente la puntuación en la que el índice de Youden era máximo de 0,515. La comparación con lo publicado en la literatura científica permite observar la existencia de patrones de variabilidad

que requieren un análisis más preciso. Wang et al. establecieron un punto de corte de 213,3 para la predicción de diabetes en población china general, lo cual es notablemente inferior al hallado en la investigación peruana. Esta discrepancia podría ser adjudicable a las diferencias entre etnias en la distribución de la adiposidad y en los patrones metabólicos, dado que las poblaciones asiáticas poseen más tendencia hacia la adiposidad visceral en valores de IMC más bajos a diferencia de las poblaciones latinoamericanas, por lo que el producto TyG-IMC alcanzaría valores críticos a umbrales más bajos en los asiáticos.

Por su parte, Yang et al. identificaron un punto de corte entre 214 y 220 para predicción de progresión desde prediabetes hacia diabetes, valores nuevamente inferiores al 248,8 peruano. Feng et al. reportaron un punto de inflexión alrededor de 200 para predicción de hiperglucemia intermedia en población china, situando el punto de corte de la investigación peruana sustancialmente por encima de estos reportes internacionales. Esta elevación del punto de corte en la muestra limeña podría atribuirse a características específicas del contexto laboral estudiado, pues los trabajadores de clínicas ocupacionales en Lima frecuentemente presentan condiciones de trabajo sedentarias, estrés laboral crónico y alteraciones del ritmo circadiano por turnos nocturnos, factores ocupacionales que modifican la fisiopatología de la resistencia a la insulina y potencialmente requieren umbrales más altos para identificar disfunción metabólica significativa. Aunado a lo anteriormente mencionado, la composición de la muestra, con un predominio masculino del 74% y concentrada en grupos etarios de 25 a 65 años, difiere también de las poblaciones generales estudiadas en investigaciones de habilidades en este dominio a nivel internacional, lo que también puede contribuir a la variabilidad observada en el punto de corte óptimo.

El índice de Youden máximo de 0,515 evidencia que el punto de corte seleccionado ofrece un balance moderado entre sensibilidad y especificidad, aunque no es un punto de corte que represente la mejor discriminación porque, al seleccionar un punto de corte, siempre se

dan compromisos en la sensibilidad y especificidad; si se establece un umbral de corte más bajo, la sensibilidad aumentaría, pero la especificidad se vería sacrificada, produciendo más falsos positivos, mientras que si se establece un umbral de corte más alto se aumentaría la especificidad, pero se perderían casos verdaderos. Desde un punto de vista práctico, el punto de corte 248,8 es adecuado porque se convierte en una herramienta cuantificable para poder ser utilizada en programas de tamizaje ocupacional, aunque su aplicación requeriría ciertas consideraciones de contextualización. Si los valores de los empleados están cerca de este punto, especialmente entre 240 y 260, no estamos seguros de su clasificación. Por eso, en la práctica, deberíamos usar otras pruebas además de este índice, como medir la hemoglobina glicosilada o hacer una prueba de tolerancia a la glucosa. Esto nos ayuda a confirmar los resultados de forma más inteligente, usando mejor los recursos sin dejar pasar ningún caso.

La otra idea era que el índice TyG-IMC sería mejor que el límite mínimo que fijamos, tanto para detectar los verdaderos casos como para descartar los que no lo son. Los resultados fueron una sensibilidad del 73% y una especificidad del 78,5%, ambas cifras por encima de ese límite, lo que apoya nuestra idea, pero hay que tener en cuenta algunos detalles. Esa sensibilidad del 73% significa que de cada cuatro empleados con un nivel de azúcar intermedio, identificamos a tres correctamente, pero uno se nos escapóEste porcentaje de 27% de resultados incorrectamente negativos es alarmante para la salud laboral. Los empleados que no se detectan podrían seguir sin recibir medidas de protección y correr el riesgo de desarrollar diabetes. Si pensamos en una clínica laboral que atiende a muchísimos trabajadores al año, esta cifra significa que se pierden muchos casos que no entran en los programas de prevención.

En comparación, un estudio de Song y su equipo en Japón reportó una sensibilidad del 72. 51% y una especificidad del 69. 54%. La investigación peruana tiene una sensibilidad

parecida, pero su especificidad es mayor. Esto sugiere que este método funciona mejor para descartar la condición que para confirmarla en la gente que fue analizada. Li y otros investigadores encontraron que el TyG-IMC se relacionaba más fuertemente con el riesgo de diabetes en personas con glucosa alta en ayunas, con un área bajo la curva de 0. 643. Este valor es menor que el que obtuvimos nosotros, quizás por las diferencias en lo que se buscaba y en la población estudiada. La especificidad del 78. 5% nos dice que casi cuatro de cada cinco trabajadores sin niveles altos de glucosa intermedios fueron bien identificados. Sin embargo, el 21. 5% restante son falsos positivos que requerirán más pruebas, lo que genera gastos innecesarios, tanto directos como indirectos. Aunque no calculamos el costo de esto, es un obstáculo importante para usar este método a gran escala.

Desde un ángulo teórico, estas mediciones para diagnosticar la hiperglucemia intermedia muestran su complejidad. El índice TyG-IMC combina información sobre glucosa y grasa, además de medidas corporales, pero deja fuera otros aspectos clave como la actividad de las células beta del páncreas, cómo el cuerpo usa la insulina en distintas partes, y la genética. Esta falta de información completa explica por qué las cifras de sensibilidad y especificidad no llegan al cien por ciento. En la práctica médica, es importante ser prudente al usar estos resultados; una sensibilidad del 73% es útil para revisar a muchas personas, pero no es suficiente para dar un diagnóstico a una persona específica. Los empleados con un índice por debajo del umbral de alerta aún podrían tener riesgos metabólicos. Por eso, es fundamental seguir vigilando y evaluando a estas personas regularmente, sobre todo si hay otros factores de riesgo como familiares con problemas de azúcar, grasa en el abdomen o un trabajo sedentario.

La tercera idea específica sugería que el índice TyG-IMC tendría distintos niveles de predicción para casos positivos y negativos. Los hallazgos mostraron que el índice predice casos positivos en un 62,93% y casos negativos en un 85,33%, lo que significa que funciona mejor para predecir quiénes no tienen el problema. El nivel de predicción positiva, que es

moderado, quiere decir que de cada diez personas que el índice señala como positivas, solo unas seis realmente tienen hiperglucemia intermedia. Esto implica que cuatro de cada diez diagnósticos positivos serían erróneos. Esta proporción de falsos positivos puede generar ansiedad innecesaria en trabajadores saludables y sobrecargar los servicios de confirmación diagnóstica, aunque en el contexto de tamizaje ocupacional donde la prevalencia de la condición es relativamente baja, este valor predictivo positivo es esperable y aceptable.

El valor predictivo negativo elevado del 85,33% constituye el hallazgo más robusto desde la perspectiva clínica, pues cuando el índice clasifica a un trabajador como negativo, existe alta probabilidad de que efectivamente no presente la alteración. Esta característica hace del TyG-IMC una herramienta útil para descartar hiperglucemia intermedia y priorizar recursos de salud hacia individuos de mayor riesgo. En una clínica de salud laboral con muchas evaluaciones, poder detectar pronto a empleados de bajo riesgo ayuda a usar mejor los recursos. Tahar Ben Rhaiem y su equipo, en mujeres con síndrome de ovario poliquístico, hallaron que el índice TyG simple tenía una probabilidad de diagnóstico positivo del 59,4% y una de diagnóstico negativo del 76,7%. Por eso, el estudio actual en Perú, aunque revisa el índice TyG-IMC en otro grupo de personas, presenta probabilidades predictivas mejores, especialmente en la negativa. Esta diferencia destaca lo útil que es añadir el IMC al índice inicial, dado que la grasa corporal ofrece más datos para predecir.

El estudio de Chen y colegas en personas con presión alta identificó un umbral de 207. 1, con una sensibilidad del 65. 5% y una especificidad del 66. 8%. Estas cifras son menores que las que obtuvimos aquí, lo que sugiere que la combinación del índice TyG con el IMC funciona mejor para detectar problemas de azúcar en la sangre que para predecir enfermedades del corazón. Desde un punto de vista teórico, qué tan bien funcionan estas predicciones depende mucho de cuántas personas en el grupo estudiado ya tienen la condición; por eso, hay que tener cuidado al interpretarlas en estudios de casos y controles. En nuestra investigación,

el 33. 3% de los participantes tenían la condición, pero esto no significa necesariamente que esa sea la cifra real de azúcar alta en ese grupo de trabajadores. Por lo tanto, los resultados predictivos podrían cambiar si se usara este índice para una revisión general de la población. Los médicos de salud laboral deberían moderar sus expectativas, ya que si en un programa de detección la cantidad real de personas con azúcar alta fuera del 15%, el porcentaje de resultados positivos verdaderos disminuiría bastante, quizás a menos del 50%, lo que querría decir que más de la mitad de los positivos serían erróneos. Sin embargo, el porcentaje de resultados negativos verdaderos se mantendría alto, lo que aún haría útil el índice para esta situación.

La comparación con la investigación científica actual muestra tanto acuerdos como desacuerdos con trabajos anteriores. En cuanto a los puntos en común, muchos estudios respaldan el valor del TyG-IMC para identificar el riesgo metabólico. Investigaciones como la de Jiang y colegas encontraron una conexión positiva y autónoma entre el TyG-IMC y la prediabetes, sobre todo en mujeres, personas no obesas y menores de 50 años. Por ello, aunque nuestra investigación no segmentó los resultados por grupos, observamos una habilidad para distinguir que coincide con estos descubrimientos. Er y su equipo, quienes definieron el TyG-IMC, señalaron su utilidad como un indicador alternativo de resistencia a la insulina en personas sin diabetes. Nuestro estudio amplía esta aplicación para detectar específicamente la glucosa elevada en niveles intermedios en un entorno laboral, validando que el índice funciona de manera similar en contextos de trabajo en Latinoamérica.

No obstante, las discrepancias son igualmente informativas. Han et al. identificaron un punto de inflexión de 231,66 para progresión desde prediabetes hacia diabetes, valor inferior al 248,8 encontrado en la investigación peruana, diferencia que podria atribuirse a que los desenlaces difieren entre progresión a diabetes versus presencia de hiperglucemia intermedia, a que la población china presenta características antropométricas y metabólicas distintas, y a que el seguimiento longitudinal de cinco años en el estudio de Han captura dinámicas de

cambio que el diseño transversal peruano no puede evaluar. Alburqueque-Melgarejo en población de la selva peruana encontró un punto de corte TyG de 8,97 para diagnóstico de síndrome metabólico con sensibilidad del 89,5% y especificidad del 64,3%, hallazgos que sugieren variabilidad geográfica dentro del mismo país, pues los puntos de corte óptimos pueden diferir entre regiones costeras, andinas y selváticas del Perú, reflejando adaptaciones metabólicas a diferentes altitudes, dietas y patrones de actividad física.

Chambergo sobre altitud e incidencia de resistencia a la insulina en adultos peruanos encontró que vivir a muy alta altitud, igual o superior a 3500 metros sobre el nivel del mar, se asoció con menor incidencia de resistencia a la insulina, hallazgo que tiene implicaciones para la generalización del presente estudio realizado en Lima aproximadamente a 150 metros sobre el nivel del mar, pues los puntos de corte y la capacidad diagnóstica del TyG-IMC podrían no ser directamente transferibles a poblaciones de la sierra o selva peruana.

La investigación presenta limitaciones inherentes que restringen el alcance de sus conclusiones y aspectos que el estudio no pudo responder. El diseño transversal impide evaluar la evolución temporal de los trabajadores, por lo cual se desconoce cuántos individuos clasificados como controles desarrollarán hiperglucemia intermedia en el futuro y cuántos casos progresarán a diabetes, incertidumbre longitudinal que limita la evaluación del valor pronóstico verdadero del índice. El estudio no pudo determinar la reproducibilidad intraindividual del TyG-IMC, pues las mediciones de glucosa y triglicéridos presentan variabilidad biológica y analítica, y un único valor podría no reflejar el estado metabólico habitual del trabajador, por lo cual la ausencia de mediciones repetidas en diferentes momentos impide estimar la consistencia del índice.

La investigación no evaluó el impacto de factores ocupacionales específicos en el rendimiento del índice, pues el sedentarismo laboral, el trabajo por turnos, el estrés crónico y la exposición a riesgos ergonómicos pueden modificar la relación entre TyG-IMC y

hiperglucemia intermedia, efectos modificadores que no fueron cuantificados. El estudio no comparó directamente el TyG-IMC con otros marcadores disponibles en la práctica clínica ocupacional como la circunferencia abdominal, el índice HOMA-IR cuando insulina está disponible, o la hemoglobina glicosilada, por lo cual la superioridad relativa o costo-efectividad del TyG-IMC frente a estas alternativas permanece sin establecer. La muestra exclusivamente limeña limita la generalización a otros contextos geográficos peruanos, pues las variaciones en altitud, dieta, composición étnica y estilos de vida entre regiones pueden modificar sustancialmente la utilidad del índice.

El diseño de casos y controles con sobremuestreo de casos constituye una limitación metodológica relevante, pues esta estrategia aumenta la eficiencia estadística para estimar parámetros diagnósticos, pero puede limitar la interpretación de los valores predictivos respecto a la población fuente. Los resultados del presente estudio describen el rendimiento del índice en una muestra con una proporción de casos determinada por el diseño de casos y controles, no necesariamente en el contexto de tamizaje poblacional real. El muestreo no probabilístico por conveniencia introduce sesgos de selección potenciales, pues los trabajadores incluidos pueden no representar adecuadamente la totalidad de la fuerza laboral de la clínica ocupacional, y aquellos con evaluaciones médicas incompletas, que podrían ser precisamente los de mayor riesgo metabólico, quedaron excluidos sistemáticamente.

La exclusión de trabajadores con diagnóstico previo de diabetes, gestantes y personas bajo tratamiento que altera glucosa o lípidos reduce la generalización, pues en la práctica clínica ocupacional real estos grupos coexisten con la población aparentemente sana, y el rendimiento del TyG-IMC en presencia de estas condiciones no fue evaluado. La dependencia de registros clínicos preexistentes limita el control sobre la calidad de los datos, pues las mediciones de glucosa y triglicéridos provienen de diferentes momentos y posiblemente diferentes condiciones de ayuno, y la estandarización de procedimientos no fue verificable

retrospectivamente. El tamaño muestral, aunque adecuado según recomendaciones metodológicas para estudios de clasificación diagnóstica, puede ser insuficiente para establecer puntos de corte estables, y los intervalos de confianza alrededor de las estimaciones de sensibilidad, especificidad y punto de corte óptimo no fueron reportados en el documento base, limitando la evaluación de la precisión de estas estimaciones.

Desde un punto de vista teórico, los hallazgos apoyan la idea de que el TyG-IMC funciona como una medida combinada de problemas metabólicos. Esto se debe a que su habilidad para diferenciar en un grupo de trabajadores latinoamericanos sugiere que el índice es útil en lugares distintos a Asia, donde se creó originalmente. Aun así, dado que los mejores valores de corte varían entre grupos, es crucial ajustarlos localmente antes de usarlo en la práctica. Los profesionales de salud laboral podrían sacar provecho de esto al añadir el TyG-IMC a las revisiones médicas habituales, ya que es una forma económica de usar datos que ya se recopilan en exámenes de trabajo. Sin embargo, hay que ser cuidadoso al aplicarlo, y el valor de 248,8 no debería usarse automáticamente sin tener en cuenta el caso particular de cada persona y las características específicas de cada grupo.

Lo más sensato sería, seguramente, usar el TyG-IMC junto con otras evaluaciones. Si un trabajador tiene un índice alto, debería confirmarse con pruebas médicas convencionales para detectar niveles altos de azúcar en sangre. Del mismo modo, si alguien tiene un índice normal pero presenta otros factores de riesgo, aun así necesita un seguimiento continuo de su metabolismo. Las futuras investigaciones deberían superar estas limitaciones. Esto podría hacerse con estudios a largo plazo que vean si el índice predice la evolución a diabetes, con investigaciones en distintas partes de Perú para ver si funciona en general, y comparando el TyG-IMC directamente con otras pruebas para determinar su mejor uso en los métodos de diagnóstico.

En resumen, los hallazgos de esta investigación respaldan nuestras suposiciones iniciales. El índice TyG-IMC ha mostrado ser una herramienta útil para identificar niveles de azúcar en sangre intermedios en empleados de salud ocupacional. Hemos encontrado un punto de corte ideal y las medidas diagnósticas son razonables. Sin embargo, debido a ciertas debilidades en nuestro método, algunas diferencias con investigaciones anteriores y cuestiones pendientes, sugerimos usar este índice como un apoyo adicional en lugar de una prueba concluyente para evaluar los riesgos metabólicos en el entorno laboral.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

PRIMERA. En el grupo de empleados de una clínica de salud ocupacional en Lima que examinamos, el índice TyG-IMC demostró ser bastante bueno para detectar niveles altos de glucosa en ayunas. Esto se ve en el área bajo la curva ROC de 0,804 (con un intervalo de confianza del 95% entre 0,752 y 0,856). Aunque esta habilidad es menor que la que se ha visto al buscar resistencia a la insulina en la gente de Perú en general, el índice puede servir para clasificar el riesgo metabólico en trabajos, donde cuidar la salud de los empleados es importante tanto para ellos como para que la empresa funcione bien. El hecho de que esto se confirme en trabajadores de Latinoamérica ayuda a que la idea del índice TyG-IMC se aplique a más lugares, no solo en Asia donde se creó.

SEGUNDA. Para saber si alguien tiene glucosa en ayunas alta usando el índice TyG-IMC en esta población, el mejor punto para medir es 248,8. Este valor se encontró usando el método del índice de Youden, que busca el punto donde la sensibilidad y la especificidad sumadas son más altas. Este umbral es bastante más alto que los que se han encontrado en personas de Asia (entre 200 y 230). Esta diferencia podría deberse a la etnia y cómo se distribuye la grasa en el cuerpo, a los metabolismos específicos de la gente en Perú y a factores relacionados con su trabajo. Al encontrar este punto de corte concreto, se consigue información real de la zona que demuestra que es necesario ajustar estas mediciones según la población antes de usarlas en la práctica médica, especialmente si se desarrollaron en otros lugares.

TERCERA. El índice TyG-IMC muestra una sensibilidad del 73% y una especificidad del 78,5% para detectar niveles alterados de glucosa en ayunas. Estas cifras

sugieren una capacidad diagnóstica moderada, siendo más eficaz para descartar la alteración que para confirmarla. Aunque la sensibilidad es aceptable para cribados generales, significa que alrededor de una cuarta parte de los casos reales no se detectan. Esta limitación es importante en el ámbito de la salud laboral, ya que la detección temprana permite aplicar medidas preventivas.

CUARTA. En la población analizada, el índice TyG-IMC presenta un valor predictivo positivo del 62,93% y uno negativo del 85,33%. No obstante, estos datos deben tomarse con precaución, ya que el estudio, con un diseño de casos y controles 1:2, no representa la frecuencia real de la condición en la población general. El alto valor predictivo negativo ayuda a identificar con seguridad a los trabajadores con bajo riesgo metabólico, lo que optimiza la asignación de recursos. Por otro lado, el valor predictivo positivo, al ser moderado, indica que los resultados positivos necesitan ser confirmados con pruebas médicas convencionales antes de un diagnóstico final.

5.2. Recomendaciones

Primero. Sugiere añadir índice TyG-IMC como ayuda extra en los planes de chequeo médico laboral habitual, empleándolo principalmente para clasificación del peligro metabólico y eliminación de azúcar en estado de ayuno cambiado, sin reemplazar las pruebas de diagnóstico habituales fijadas por las directrices de práctica clínica. La puesta en marcha debe ir junto a formación al equipo sanitario sobre lectura correcta de sus datos, destacando que cifras altas necesitan verificación mediante ensayos extras y que cifras regulares no quitan necesidad de control metabólico constante cuando existen otros elementos de riesgo cardíaco presentes.

Segundo. Conviene confirmar el umbral de doscientos cuarenta y ocho coma ocho mediante investigaciones futuras y entre distintos grupos obreros del Perú, abarcando zonas montañosas y boscosas, previo a extender su uso en toda la nación. Las diferencias territoriales respecto al origen genético, alimentación, gasto energético diario y altura indican que valores fijos podrían no ser apropiados para todo el espacio nacional.

Tercero. Sugiere crear y poner en marcha planes de cribado metabólico que junten el índice TyG-IMC con otras señales fáciles de conseguir, tal cual la medida de cintura y la tensión sanguínea, para elevar la sensibilidad total del procedimiento de hallazgo. Por la poca sensibilidad propia del índice, la táctica de unir varios marcadores logra contrarrestar las carencias de cada uno y bajar la cantidad de casos no vistos.

Cuarta. Conviene realizar estudios largos que midan el valor predictivo del índice TyG-IMC para prever avance desde glucosa alta antes comida hasta diabetes tipo dos en empleados peruanos, además de trabajos que fijen su uso para vigilar reacción ante cambios en modo vivir. La creación de rutas temporales del índice dejará colocarlo no solo como instrumento diagnóstico sino también como señal de control en planes de evitar enfermedades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rooney MR, Fang M, Ogurtsova K, Ozkan B, Echouffo-Tcheugui JB, Boyko EJ, et al. Global Prevalence of Prediabetes. Diabetes Care. el 1 de julio de 2023;46(7):1388–94.

2. Rooney MR, He JH, Salpea P, Genitsaridi I, Magliano DJ, Boyko EJ et al. Global and Regional Prediabetes Prevalence: Updates for 2024 and Projections for 2050. Diabetes care. 2025 Nov 1;48(11):e142-e144. doi: 10.2337/dc25-1640

3. The Editors of The Lancet Diabetes & Endocrinology. Prediabetes: much more than just a risk factor. Lancet Diabetes Endocrinol. 2025;13(3):183. doi:10.1016/S2213-8587(25)00034-8

4. Echouffo-Tcheugui JB, Selvin E. Prediabetes and What It Means: The Epidemiological Evidence. Annu Rev Public Health. 2021;42:59-77. doi:10.1146/annurev-publhealth-090419-102644

5. Schlesinger S, Neuenschwander M, Barbaresko J, et al. Prediabetes and risk of mortality, diabetes-related complications and comorbidities: umbrella review of meta-analyses of prospective studies. Diabetologia. 2022;65(2):275-285. doi:10.1007/s00125-021-05592-3

6. Vera-Ponce VJ, Loayza-Castro JA, Zuzunaga-Montoya FE, et al. Prevalence and incidence of prediabetes in Latin America. A systematic review and meta-analysis. J Diabetes Metab Disord. 2025;24(1):25. doi:10.1007/s40200-024-01549-6

7. Avilés-Santa ML, Monroig-Rivera A, Soto-Soto A, Lindberg NM. Current State of Diabetes Mellitus Prevalence, Awareness, Treatment, and Control in Latin America:

Challenges and Innovative Solutions to Improve Health Outcomes Across the Continent. Curr Diab Rep. 2020;20(11):62. doi:10.1007/s11892-020-01341-9

8. Lopez-Jaramillo P, Nieto-Martinez RE, Gama-Sosa D, et al. Epidemiology of Hypertension and Diabetes Mellitus in Latin America. Curr Hypertens Rev. 2021;17(2):112-120. doi:10.2174/1573402116666200807112451

9. Ministerio de Salud del Perú. Prediabetes: una afección reversible si se diagnostica a tiempo. Andina; 2024. Disponible en: https://andina.pe/agencia/noticia-prediabetes-una-afeccion-puede-ser-reversible-si-se-diagnostica-a-tiempo-962847.aspx

10. Health Action International. ACCISS Project – Factsheet: Diabetes in Peru. 2024. Disponible en: https://accisstoolkit.haiweb.org/storage/2024/10/Factsheet_Peru-2024.pdf

11. Vera-Ponce VJ, Zuzunaga-Montoya FE, Sanchez-Tamay NM, et al. Incidence rates of prediabetes and diabetes associated with sedentary behavior and night shifts among Peruvian workers (2014–2021). Dialogues Health. 2025;6:100204. doi:10.1016/j.dialog.2025.100204

12. Er LK, Wu S, Chou HH, et al. Triglyceride glucose-body mass index is a simple and clinically useful surrogate marker for insulin resistance in nondiabetic individuals. PLoS One. 2021;16(3):e0246981. doi:10.1371/journal.pone.0246981

13. Song K, Xu Y, Wu S, et al. Research status of triglyceride glucose-body mass index (TyG-BMI index). Front Cardiovasc Med. 2025;12:1597112. doi:10.3389/fcvm.2025.1597112

14. Zhang X, Li Y, Pan T, et al. Value of triglyceride glucose-body mass index in predicting nonalcoholic fatty liver disease in individuals with type 2 diabetes mellitus. Front Endocrinol (Lausanne). 2024;15:1425024. doi:10.3389/fendo.2024.1425024

15. Li Y, Pan T, Wang Y, et al. Diagnostic Accuracy of the Triglyceride–Glucose Index (TyG), TyG Body Mass Index, and TyG Waist Circumference Index for Liver Steatosis Detection. Dig Dis Sci. 2024;69(5):1785-1793. doi:10.1007/s10620-024-08391-4

16. Jiang C, Yang R, Kuang M, Yu M, Zhong M, Zou Y, et al. Triglyceride glucose–body mass index in identifying high-risk groups of pre-diabetes. Lipids Health Dis. 2021 Nov 14;20:161. doi:10.1186/s12944-021-01594-7.

17. Han Y, Hu H, Li Q, Deng Z, Liu D. Triglyceride glucose–body mass index and the risk of progression to diabetes from prediabetes: a 5-year cohort study in Chinese adults. Front Public Health. 2023 Feb 3;11:1028461. doi:10.3389/fpubh.2023.1028461

18. Carrillo-Larco RM, Bernabé-Ortiz A. Type 2 diabetes mellitus in Peru: a systematic review of prevalence and incidence in the general population. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2019 Mar. 8 [cited 2025 Nov. 10];36(1):26-3. Available from: https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/4027

19. Zhao Q, Sun Y, Li X, Zheng Z, Liu L, Zhang Y, et al. Predictive value of the triglyceride-glucose index combined with body mass index (TyG-BMI) for regression from prediabetes to normoglycemia: a cohort study. Lipids Health Dis. 2024;23(1):126. Disponible en: https://lipidworld.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12944-024-02060-w

20. Tosoratto J, Tárraga López PJ, López-González ÁA, Busquets-Cortes C, Obrador de Hevia J, Ramirez-Manent JI. Associations Between Shift Work and Insulin Resistance Markers in 53,053 Spanish Workers: A Sex-Stratified Cross-Sectional Analysis Using TyG, TyG-BMI, METS-IR, and SPISE-IR Indices. Journal of Clinical Medicine. 2025; 14(13):4604. https://doi.org/10.3390/jcm14134604

21. Feng C, Wang X, Luo Y. Association between triglyceride-glucose and triglyceride glucose body mass index with risk of prediabetes: a multicenter Chinese medical examination cohort study. Front Endocrinol (Lausanne). 2025;16:1668021.

22. Yang H, Kuang M, Qiu J, He S, Yu C, Sheng G, Zou Y. Relative importance of triglyceride glucose index combined with body mass index in predicting recovery from prediabetic state to normal fasting glucose: a cohort analysis based on a Chinese physical examination population. Lipids Health Dis. 2024;23(1):71.

23. Song B, Zhao X, Yao T, Lu W, Zhang H, Liu T, Liu C, Wang K. Triglyceride Glucose-Body Mass Index and Risk of Incident Type 2 Diabetes Mellitus in Japanese People With Normal Glycemic Level: A Population-Based Longitudinal Cohort Study. Front Endocrinol (Lausanne). 2022;13:907973.

24. Li X, Sun M, Yang Y, Yao N, Yan S, Wang L, Hu W, Guo R, Wang Y, Li B. Predictive Effect of Triglyceride Glucose−Related Parameters, Obesity Indices, and Lipid Ratios for Diabetes in a Chinese Population: A Prospective Cohort Study. Front Endocrinol (Lausanne). 2022;13:862919.

25. Wang X, Liu J, Cheng Z, Song W. Triglyceride glucose-body mass index and the risk of diabetes: a general population-based cohort study. Lipids Health Dis. 2021;20(1):99.

26. Mohamed F, Gunter S, Yirdaw BE, Raal FJ, Millen AME, Kalla IS. Predictive diagnostic models for newly diagnosed diabetes mellitus in moderate to severe COVID-19: the role of TyG Index, BMI, and inflammatory markers. BMC Endocr Disord. 2025;25(1):245.

27. Xiao J, Zhou L, Luo C, Han Y, Huang Z. Non-linear relationship between TyG index and the risk of prediabetes in young people: a 5-year retrospective cohort study in Chinese young adults. Front Endocrinol (Lausanne). 2024;15:1414402.

28. Vera VJ, Guerra Valencia J, Poma MA, et al. Rendimiento diagnóstico de once indicadores para resistencia a la insulina en una muestra de pobladores peruanos. Med Clin Soc. 2023;7(3):168–176.

29. Alburqueque-Melgarejo J. Exactitud diagnóstica del índice triglicérido-glucosa para el diagnóstico de síndrome metabólico en pacientes atendidos en un establecimiento de atención primaria de la selva peruana 2022–2023. Rev Nac Salud y Des. 2024; (artículo). Disponible en: https://www.renhyd.org/renhyd/article/view/2185

30. Chambergo Michilot DR. Altitud e incidencia de resistencia a la insulina en adultos peruanos sin diabetes de tres regiones del Perú [thesis]. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2025.

31. Poma Chávez MA. Rendimiento diagnóstico de once biomarcadores para resistencia a la insulina en una muestra de pobladores peruanos [thesis]. Lima: Universidad Ricardo Palma; 2022.

32. Carrasco Zavala R. Índices o scores de resistencia a la insulina utilizados en adultos con patologías metabólicas asociadas. Scoping review [thesis]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2025. doi:10.19083/tesis/684506.

33. Boushehri YG, Meymanatabadi Z, Tanha AE, Azami P, Alaei M, Alamdari AA, et al. (2025) Association of triglyceride glucose-body mass index (TyG-BMI) with metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease: A systematic review and meta-analysis. PLoS One 20(8): e0324483. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324483

34. Mijangos-Trejo A, Gómez-Mendoza R, Ramos-Ostos MH, Castro-Narro G, Uribe M, Juárez-Hernández E, et al. Diagnostic Accuracy of the Triglyceride–Glucose Index (TyG), TyG Body Mass Index, and TyG Waist Circumference Index for Liver Steatosis Detection. Diagnostics. enero de 2024;14(7):762.

35. Zhou S, Guo R. Understanding triglyceride glucose-body mass index: implications for diabetes and cardiovascular disease management. Front Endocrinol (Lausanne). 29 de septiembre de 2025;16:1675270.

36. Wen Z, Wang Q, Luo C, Ou Y, Tang L, Liu H, et al. The role of Triglyceride-Glucose index in predicting pre-DM risk among Chinese adults. Sci Rep. 25 de julio de 2025;15:27101.

37. Simental-Mendía LE, Rodríguez-Morán M, Guerrero-Romero F. The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects. Metab Syndr Relat Disord. 2008 Dec;6(4):299-304. doi: 10.1089/met.2008.0034. PMID: 19067533.

38. Guerrero-Romero F, Simental-Mendía LE, González-Ortiz M, Martínez-Abundis E, Ramos-Zavala MG, Hernández-González SO, Jacques-Camarena O, Rodríguez-Morán M. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp. J Clin Endocrinol Metab. 2010 Jul;95(7):3347-51. doi: 10.1210/jc.2010-0288. Epub 2010 May 19. PMID: 20484475.

39. Er LK, Wu S, Chou HH, Hsu LA, Teng MS, Sun YC, et al. Triglyceride Glucose-Body Mass Index Is a Simple and Clinically Useful Surrogate Marker for Insulin Resistance in Nondiabetic Individuals. PLOS ONE. el 1 de marzo de 2016;11(3):e0149731.

40. Shao Y, Hu H, Cao C, Han Y, Wu C. Elevated triglyceride-glucose-body mass index associated with lower probability of future regression to normoglycemia in Chinese adults with prediabetes: a 5-year cohort study. Front Endocrinol (Lausanne). 2024 Feb 13;15:1278239. doi: 10.3389/fendo.2024.1278239. PMID: 38414822; PMCID: PMC10898590.

41. American Diabetes Association Professional Practice Committee. 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2025. Diabetes Care. el 9 de diciembre de 2024;48(Supplement_1):S27–49. https://doi.org/10.2337/dc25-S002

42. Magliano DJ, Boyko EJ, IDF Diabetes Atlas 10th edition scientific committee. IDF DIABETES ATLAS [Internet]. 10th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2021 [citado el 16 de noviembre de 2025]. (IDF Diabetes Atlas). Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581934/

43. Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. N Engl J Med. el 7 de febrero de 2002;346(6):393–403. DOI: 10.1056/NEJMoa012512

44. Tabák AG, Herder C, Rathmann W, Brunner EJ, Kivimäki M. Prediabetes: a high-risk state for diabetes development. Lancet. el 16 de junio de 2012;379(9833):2279–90. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60283-9

45. INEI e I. Informe Técnico: Enfermedades no transmisibles y transmisibles Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2023. [Internet]. 2024 [citado el 16 de noviembre de 2025]. Disponible en: https://observateperu.ins.gob.pe/node/10225

46. Diabetes Prevention Program Research Group. Long-term effects of lifestyle intervention or metformin on diabetes development and microvascular complications over 15-year follow-up: the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. Lancet Diabetes Endocrinol. noviembre de 2015;3(11):866–75.

47. DREAM (Diabetes REduction Assessment with ramipril and rosiglitazone Medication) Trial Investigators, Gerstein HC, Yusuf S, Bosch J, Pogue J, Sheridan P, et al. Effect of rosiglitazone on the frequency of diabetes in patients with impaired glucose tolerance or impaired fasting glucose: a randomised controlled trial. Lancet. el 23 de septiembre de 2006;368(9541):1096–105.

48. Youngren JF, Goldfine ID, Trischitta V, Maddux BA. Insulin Resistance and Inhibitors of Insulin Receptor Tyrosine Kinase. En: Reaven GM, Laws A, editores. Insulin Resistance: The Metabolic Syndrome X [Internet]. Totowa, NJ: Humana Press; 1999

[citado el 16 de noviembre de 2025]. p. 139–58. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-59259-716-1_8

49. RANDLE PJ, GARLAND PB, HALES CN, NEWSHOLME EA. The glucose fatty-acid cycle. Its role in insulin sensitivity and the metabolic disturbances of diabetes mellitus. Lancet. 1963 Apr 13;1(7285):785-9. doi: 10.1016/s0140-6736(63)91500-9. PMID: 13990765.

50. Petersen MC, Shulman GI. Mechanisms of Insulin Action and Insulin Resistance. Physiol Rev. el 1 de octubre de 2018;98(4):2133–223. doi: 10.1152/physrev.00063.2017. PMID: 30067154; PMCID: PMC6170977.

51. Freeman AM, Acevedo LA, Pennings N. Insulin Resistance. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [citado el 12 de noviembre de 2025]. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507839/

52. Mata-Cases M, Artola S, Escalada J, Ezkurra-Loyola P, Ferrer-García JC, Fornos JA, et al. Consensus on the detection and management of prediabetes. Consensus and Clinical Guidelines Working Group of the Spanish Diabetes Society. Aten Primaria. 2015;47(7):456–68.

53. Hiperglucemia intermedia [Internet]. Federación Internacional de Diabetes. [citado el 12 de noviembre de 2025]. Disponible en: https://idf.org/es/about-diabetes/intermediate-hyperglycaemia/

54. Perreault L. Prediabetes. En: Feingold KR, Ahmed SF, Anawalt B, Blackman MR, Boyce A, Chrousos G, et al., editores. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA):

MDText.com, Inc.; 2000 [citado el 16 de noviembre de 2025]. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538537/

55. Diabetes Diagnosis & Tests | ADA [Internet]. [citado el 16 de noviembre de 2025]. Disponible en: https://diabetes.org/about-diabetes/diagnosis

56. Barry E, Roberts S, Oke J, Vijayaraghavan S, Normansell R, Greenhalgh T et al. Efficacy and effectiveness of screen and treat policies in prevention of type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of screening tests and interventions BMJ 2017; 356 :i6538 doi:10.1136/bmj.i6538

57. Davidson MB. Historical review of the diagnosis of prediabetes/intermediate hyperglycemia: Case for the international criteria. Diabetes Research and Clinical Practice. el 1 de marzo de 2022;185:109219.

58. Bergman M, Manco M, Satman I, Chan J, Schmidt MI, Sesti G, et al. International Diabetes Federation Position Statement on the 1-hour post-load plasma glucose for the diagnosis of intermediate hyperglycaemia and type 2 diabetes. Diabetes Res Clin Pract. marzo de 2024;209:111589.

59. Hernández-Sampieri R, Mendoza C. Metodología de la investigación. 7.ª ed. México: McGraw-Hill; 2021.

60. Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grady DG, Newman TB. Designing Clinical Research. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2023.

61. Creswell JW, Creswell JD. Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches. 5th ed. California: SAGE; 2020.

62. Ahlbom A. Modern Epidemiology, 4th edition. TL Lash, TJ VanderWeele, S Haneuse, KJ Rothman. Wolters Kluwer, 2021. Eur J Epidemiol. 2021 Aug;36(8):767-768. doi: 10.1007/s10654-021-00778-w. Epub 2021 Jul 3. PMID: 34216355; PMCID: PMC8416883.

63. Grimes DA, Schulz KF. An overview of clinical research: the case–control study. Lancet. 2022;399:2310–20.

Anexos

Anexo 01: Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño metodológico
Problema general: ¿Cuál es la capacidad diagnóstica del índice TyG-IMC en la detección hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026? **Problemas específicos**: • ¿Cuál es el punto de corte óptimo del índice TyG–IMC en la detección hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026? • ¿Cuál es la sensibilidad y especificidad del índice TyG–IMC en la detección hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026?	**Objetivo general**: Determinar la capacidad diagnóstica del índice TyG-IMC en la detección hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026. **Objetivos específicos**: • Establecer el punto de corte óptimo del índice TyG–IMC en la detección hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026. • Evaluar la sensibilidad y especificidad del índice TyG–IMC en la detección hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026.	**Hipótesis general**: H1: El índice TyG-IMC presenta capacidad diagnóstica adecuada para detectar hiperglucemia intermedia, evidenciada por un área bajo la curva ROC > 0,70. H0: El índice TyG-IMC no presenta capacidad diagnóstica adecuada para detectar hiperglucemia intermedia, evidenciada por un área bajo la curva ROC ≤ 0,70. **Hipótesis específicas**: • H1: Se identifica un punto de corte óptimo del índice TyG–IMC que maximiza el índice de Youden para la detección de hiperglucemia intermedia. • H01: No se identifica un punto de corte óptimo del índice TyG–IMC que maximice el índice de Youden para la detección de hiperglucemia intermedia.	**Variable dependiente**: Hiperglucemia intermedia **Definición operacional**: Glucosa en ayunas 100-125 mg/dL según ADA 2025. Indicadores: Glucosa en ayunas; categoría metabólica. **Variable independiente**: Índice TyG–IMC. **Definición operacional**: TyG–IMC = TyG × IMC; TyG = Ln [TG × glucosa / 2]. **Indicadores**: Triglicéridos, glucosa, IMC, TyG, TyG–IMC.	**Enfoque:** Cuantitativo. **Tipo:** Observacional, analítico, retrospectivo. **Nivel:** Descriptivo-diagnóstico. **Diseño:** Casos y controles. **Población y muestra:** 100 casos y 200 controles. **Técnica:** Análisis documental. **Instrumento:** Ficha de recolección de datos. **Análisis:** Curvas ROC, sensibilidad, especificidad, VPP, VPN con IC95%.

• ¿Cuáles son los valores predictivos positivo y negativo del índice TyG–IMC en la detección hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026?	• Determinar los valores predictivos positivo y negativo del índice TyG–IMC en la detección hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026.	• H2: El índice TyG-IMC presenta sensibilidad ≥ 70% y especificidad ≥ 70% frente al diagnóstico bioquímico de referencia. • H02: El índice TyG-IMC presenta sensibilidad < 70% o especificidad < 70% frente al diagnóstico bioquímico de referencia. • H3: El índice TyG-IMC muestra valores predictivos positivos y negativos diferenciados que permitan su aplicación como herramienta de tamizaje en trabajadores de una clínica ocupacional. • H03: El índice TyG-IMC no muestra valores predictivos positivos y negativos diferenciados que permitan su aplicación como herramienta de tamizaje en trabajadores de una clínica ocupacional.		

Anexo 2: Instrumentos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – ESTUDIO CASO–CONTROL

Código del instrumento: FRD–CC–TyG–IMC–##

Fecha de registro: ____ / ____ / 2026

Código del participante: _____

I. CLASIFICACIÓN DEL PARTICIPANTE

- **Código del participante: _____**
- **Fecha de registro: / /2026**
- **Tipo de participante:** ( ) Caso – Glucosa en ayunas alterada (100-125 mg/dL) / ( ) Control – Normoglucemia (<100 mg/dL)

II. DATOS DEMOGRÁFICOS

1. **Edad:** _____ años
2. **Sexo:**
    - ( ) Masculino
    - ( ) Femenino

III. PARÁMETROS BIOQUÍMICOS

1. **Glucosa en ayunas:** _____ mg/dL
2. **Triglicéridos en ayunas:** _____ mg/dL

IV. PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS

1. **Peso:** _____ kg
2. **Talla:** _____ m
3. **IMC (peso/talla²):** _____ kg/m²

V. ÍNDICES METABÓLICOS

TyG = Ln[(Triglicéridos × Glucosa) / 2]: _____

TyG-IMC = TyG × IMC: _____

Anexo 3: Carta del comité de ética

Universidad Norbert Wiener

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN
DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Lima, 31 de diciembre del 2025.

Autor Responsable:
BILLY ALBERT HUAMANI SANCHEZ

Exp. Nº: 3739-2025

De mi consideración:
Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética e Integridad Científica (CIEIC) de la Universidad Privada Norbert Wiener evaluó y **APROBÓ** el siguiente proyecto de investigación:

Proyecto Titulado: **"CAPACIDAD DIAGNÓSTICA DEL ÍNDICE TYG–IMC EN LA DETECCIÓN DE HIPERGLUCEMIA INTERMEDIA EN TRABAJADORES DE UNA CLÍNICA OCUPACIONAL, LIMA 2026"**
Versión Nro. 1, aprobada por el asesor en fecha 12/12/ 2025.

El cual tiene como Autor(es) a:
BILLY ALBERT HUAMANI SANCHEZ

La **APROBACIÓN** otorgada comprende la verificación del cumplimiento de las buenas prácticas éticas, la adecuada evaluación del balance riesgo/beneficio, la idoneidad del equipo de investigación y la garantía de confidencialidad en el manejo de los datos, entre otros aspectos éticos y metodológicos pertinentes.

El investigador deberá considerar los siguientes puntos detallados a continuación:

- La aprobación otorgada por el CIEIC tiene una **vigencia de veinticuatro (24) meses** contados desde la fecha de emisión del presente documento. Esta vigencia es exclusiva para los procedimientos éticos revisados por el Comité y no sustituye ni aplica a los trámites administrativos ante la Oficina de Grados y Títulos.
- La constancia de aprobación por el CIEIC **no garantiza** la **aceptación** por parte de las **instituciones** en las que se planea realizar la investigación.
- En caso de requerir una **enmienda**, entendida como una modificación menor que **no altera de manera sustantiva** el proyecto aprobado, esta deberá ser presentada al CIEIC y no podrá ejecutarse sin su aprobación previa. **Cualquier cambio sustantivo deberá tramitarse como proyecto nuevo** ante el CIEIC.

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,

Mg. Angelica Karina Minaya Galarreta
Presidente
Comité Institucional de Ética e Integridad Científica
Universidad Privada Norbert Wiener

ANEXO 4: CARTA DE AUTORIZACION DE LA INSTITUCION

meddix
Policlínico y Salud Ocupacional

Lima, 28 de enero 2026

A : Billy Albert Huamani Sánchez
Bachiller de la carrera profesional Tecnología Médica
Especialidad en Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica

ASUNTO : Autorización para recabar información con fines de investigación

REFERENCIA : Constancia Exp. Nº: 3739-2025

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, en atención al documento de la referencia, comunicarle que la Clínica Ocupacional Meddix, **autoriza la recolección** de datos e información requeridos para la ejecución de su trabajo de investigación titulado: **"capacidad diagnóstica del índice TYG–IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima 2026"**, para optar el título profesional de Tecnología Médica en Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica.

La presente autorización se otorga para fines exclusivamente académicos y de investigación, debiendo garantizarse en todo momento la confidencialidad de la información y la protección de los datos de los pacientes, conforme a la normativa vigente y a los principios éticos aplicables.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente,

DAYSI SOLIS LOPEZ
Gerente de Administración
DNI: 42104194
MDS WORK GROUP S.A.C.

ANEXO 5: DATA y PROCESAMIENTO DE DATOS

NuOero	edad	sexo	glucosa	trigliceridos	peso	talla	IMC		
CONTROLES	65	1	99	63	46	1.48	21.00		
CONTROLES	30	0	98	96	71	1.66	25.77		
CONTROLES	39	0	99	150	75	1.61	28.93		
CONTROLES	38	1	90	54	60	1.6	23.44		
CONTROLES	25	0	87	173	64	1.62	24.39		
CONTROLES	52	0	98	80	70	1.66	25.40		
CONTROLES	22	1	94	59	56	1.52	24.24		
CONTROLES	48	0	88	138	84	1.62	32.01		
CONTROLES	39	0	96	59	69	1.71	23.60	Masculino	0
CONTROLES	49	0	95	86	65	1.6	25.39	Femenino	1
CONTROLES	29	1	88	72	50	1.5	22.22		
CONTROLES	41	1	96	116	64	1.54	26.99		
CONTROLES	22	1	88	100	56	1.48	25.57		
CONTROLES	36	0	94	264	67	1.55	27.89		
CONTROLES	40	0	99	112	83	1.6	32.42		
CONTROLES	26	0	94	176	71	1.57	28.80		
CONTROLES	42	1	87	120	60	1.56	24.65		
CONTROLES	26	0	98	134	68	1.68	24.09		
CONTROLES	28	0	96	99	67	1.53	28.62		
CONTROLES	19	0	92	51	48.5	1.53	20.72		
CONTROLES	36	1	94	65	71	1.61	27.39		
CONTROLES	60	0	90	35	87	1.74	28.74		
CONTROLES	58	0	99	104	84	1.7	29.07		
CONTROLES	52	0	96	94	61	1.57	24.75		
CONTROLES	21	1	91	54	51	1.49	22.97		
CONTROLES	19	1	98	43	42	1.43	20.54		
CONTROLES	57	0	97	101	93	1.68	32.95		
CONTROLES	22	0	99	66	59	1.64	21.94		
CONTROLES	27	1	92	81	74	1.65	27.18		
CONTROLES	64	0	99	93	63.5	1.59	25.12		
CONTROLES	29	0	97	140	66	1.71	22.57		
CONTROLES	33	1	88	107	63.3	1.53	27.04		
CONTROLES	38	0	87	82	56	1.68	19.84		
CONTROLES	43	1	97	201	85	1.55	35.38		
CONTROLES	41	0	96	259	72	1.48	32.87		
CONTROLES	65	1	99	129	79	1.58	31.65		
CONTROLES	61	0	90	136	92	1.83	27.47		
CONTROLES	52	0	93	227	74.5	1.63	28.04		

CONTROLES	27	1	89	96	68	1.63	25.59
CONTROLES	33	0	83	80	76	1.7	26.30
CONTROLES	25	0	99	93	70	1.68	24.80
CONTROLES	46	0	97	113	73	1.64	27.14
CONTROLES	47	0	95	186	75	1.69	26.26
CONTROLES	25	1	96	92	70	1.62	26.67
CASOS	48	0	100	187	78	1.65	28.65
CASOS	52	1	106	142	74	1.58	29.64
CASOS	56	0	103	303	90	1.71	30.78
CASOS	44	1	106	111	60	1.45	28.54
CASOS	28	1	102	89	78	1.61	30.09
CASOS	54	0	100	352	88	1.61	33.95
CASOS	41	1	107	166	62	1.47	28.69
CASOS	60	0	103	141	67	1.59	26.50
CASOS	47	0	111	184	63	1.59	24.92
CASOS	47	0	108	159	75	1.61	28.93
CASOS	54	0	110	232	93	1.77	29.68
CASOS	55	0	106	171	58	1.55	24.14
CASOS	58	0	115	359	66	1.56	27.12
CASOS	56	0	103	289	79	1.73	26.40
CASOS	57	0	109	232	70	1.63	26.35
CASOS	37	1	102	176	82	1.57	33.27
CASOS	38	0	110	83	82	1.62	31.25
CASOS	33	0	105	149	79.5	1.73	26.56
CASOS	62	0	107	228	84	1.67	30.12
CASOS	39	1	104	152	79	1.5	35.11
CASOS	54	0	116	270	78	1.55	32.47
CASOS	60	0	119	180	87.5	1.62	33.34
CASOS	25	1	104	97	72	1.56	29.59
CASOS	59	0	110	162	73	1.58	29.24
CASOS	52	0	103	209	82	1.71	28.04
CASOS	29	0	111	227	76.5	1.77	24.42
CASOS	23	0	110	128	66	1.65	24.24
CASOS	60	0	102	174	85	1.73	28.40
CASOS	32	1	104	166	69	1.53	29.48
CASOS	34	0	106	153	66.5	1.55	27.68
CASOS	63	0	120	147	89	1.53	38.02
CASOS	36	1	105	165	81	1.53	34.60
CASOS	58	0	104	129	90	1.67	32.27

ANEXO 6: VALIDACION DEL INSTRUMEMNTO

Universidad Norbert Wiener

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO: JUICIO DE EXPERTOS

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, solicito su opinión sobre la tesis **"Capacidad diagnóstica del índice TyG-IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima, 2026"**. para lo cual se requiere que pueda calificar, marcando con un aspa (X) en la casilla correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

Item N°	Criterio	SI	NO	Observación
1	La información permite dar respuesta al problema	x		
2	El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio	x		
3	El instrumento contiene a las variables de estudio	x		
4	La estructura del instrumento es adecuada	x		
5	El instrumento responde a la operacionalización de la variable	x		
6	La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento	x		
7	Los ítems son claros en lenguaje entendible	x		
8	El número de ítems es adecuado para su aplicación	x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):
Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable [x] **Aplicable después de corregir[ ]** **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador Mg. Cesar Alfonso Champa Guevara

DNI: 09850357

Especialidad del validador: Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica

Fecha: 15/03/2026



firma del Juez experto

Universidad
Norbert Wiener

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO: JUICIO DE EXPERTOS

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, solicito su opinión sobre la tesis **"Capacidad diagnóstica del índice TyG-IMC en la detección de hiperglucemia intermedia en trabajadores de una clínica ocupacional, Lima, 2026"**. para lo cual se requiere que pueda calificar, marcando con un aspa (X) en la casilla correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

Ítem N°	Criterio	SI	NO	Observación
1	La información permite dar respuesta al problema	X		
2	El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio	X		
3	El instrumento contiene a las variables de estudio	X		
4	La estructura del instrumento es adecuada	X		
5	El instrumento responde a la operacionalización de la variable	X		
6	La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento	X		
7	Los ítems son claros en lenguaje entendible	XX		
8	El número de ítems es adecuado para su aplicación			

Observaciones (precisar si hay suficiencia):
Ninguno

Opinión de aplicabilidad:
Aplicable [X.] **Aplicable después de corregir[ ]** **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador Mg. Stefany Saragoza Valenzuela Martínez

DNI: 46368715

Especialidad del validador: Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica

Fecha: 05/04/2026



Firma del Juez expert

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

9% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

9% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1 Internet
repositorio.uwiener.edu.pe 3%

2 Internet
dspace.unach.edu.ec <1%

3 Internet
repositorio.unjfsc.edu.pe <1%

4 Trabajos entregados
Universidad Peruana Cayetano Heredia on 2026-07-13 <1%

5 Internet
www.msdmanuals.com <1%

6 Internet
alicia.concytec.gob.pe <1%

7 Trabajos entregados
Universidad Wiener on 2026-07-13 <1%

8 Internet
repositorio.uleam.edu.ec <1%

9 Internet
dokumen.pub <1%

10 Internet
pt.slideshare.net <1%

11 Trabajos entregados
Universidad Wiener on 2025-07-05 <1%